



Oficina Jurídica
Rectoría

Señor

JUEZ DEL CIRCUITO CONSTITUCIONAL DE REPARTO

E. S. D.

ACCIONANTE: UNIVERSIDAD DEL VALLE

ACCIONADO: MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN – MINCIENCIAS

TERCEROS INTERESADOS: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA sede Medellín, FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, CONSERVAMOS SAS., COLTURBINAS LTDA., INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES, ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS – IPSE., CONSEJO COMUNITARIO DEL RÍO NAYA (Departamento del Valle del Cauca), CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA (Departamento de Nariño), DEPARTAMENTO DE NARIÑO (GOBERNACIÓN).

REF. ACCIÓN DE TUTELA

LUIS ALFONSO SÁNCHEZ LOPEZ, en mi calidad de apoderado judicial de la Universidad del Valle, interpongo ACCIÓN DE TUTELA contra el MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MINCIENCIAS), solicitando la vinculación de los terceros interesados arriba mencionados por ser integrantes de la alianza estratégica afectada y legítimos interesados en la ejecución de la iniciativa, con base en los siguientes:

I. HECHOS

PRIMERO. En el marco de la Convocatoria 49 del SGR ('Energía Sostenible para el Territorio'), La Universidad del Valle radicó el proyecto titulado Desarrollo de la industria del Hidrógeno verde integrada con fuentes de energía mareomotriz para el Pacífico colombiano en los departamentos del Valle del Cauca, Nariño.' (ID 142001). Esta iniciativa es un pilar estratégico para la transición energética justa y comunitaria en el litoral pacífico.

SEGUNDO. El proyecto es el resultado de una alianza sin precedentes que integra a la academia (Universidad del Valle, Universidad Nacional, Universidad de América), al sector público nacional (IPSE), al sector público departamental (GOBERNACIÓN DE NARIÑO), a la empresa privada (COLTURBINAS LTDA, CONSERVAMOS SAS) y, de manera fundamental, a las comunidades étnicas de la región a través del CONSEJO COMUNITARIO DEL RÍO NAYA y el CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA.

TERCERO. El 13 de mayo de 2026, MIN CIENCIAS notificó el rechazo de la propuesta mediante el Certificado de Requisitos, invocando el Capítulo 11 de los TDR. Dicho rechazo

Universidad del Valle



Oficina Jurídica
Rectoría

no se fundamenta en la viabilidad técnica ni en la calidad científica, sino en interpretaciones restrictivas y requisitos de forma que se detallan a continuación.

CUARTO. La entidad accionada rechazó los certificados de no financiación firmados por los GOBERNADORES de Nariño y Valle del Cauca, exigiendo injustificadamente firmas de alcaldes municipales o distritales. Esta exigencia es arbitraria y desproporcionada, pues los Gobernadores, conforme a la Ley 2056 de 2020, coordinan la inversión regional del SGR. Además, la Gobernación de Nariño aportó una constancia técnica detallando la instalación de pilotes en el municipio de Congal, lo que ratifica su pleno conocimiento y competencia sobre el proyecto.

QUINTO. Vulneración por Requisitos de Diseño y Representación (Causales 10.3 y 10.10): Se rechazó la participación de la Universidad Nacional alegando la falta de un acto administrativo de delegación y la ausencia de 'membretes oficiales'. El Ministerio sacrifica el derecho sustancial por un criterio estético de diseño gráfico, ignorando la validez de los compromisos institucionales firmados.

SEXTO. Denegación del Derecho a la Subsanación Presupuestal (Causal 10.5): El presupuesto fue rechazado por falta de firma y fecha, y por el estudio de mercado. La entidad calificó estos errores como no subsanables, a pesar de que los datos financieros y técnicos residen en el Documento Técnico (Anexo 2). Negar la subsanación de una firma en un documento preexistente es una medida que vulnera el principio de proporcionalidad.

SÉPTIMO. Ineficiencia y Carga Desproporcionada (Causal 10.2 y 10.9): MINCIENCIAS exige un 'pantallazo' de información que ya reposa en sus propias bases de datos (GrupLAC). Exigir al ciudadano que entregue capturas de pantalla de la propia plataforma de la entidad accionada es una barrera administrativa ineficiente y contraria a la buena fe.

OCTAVO. Patrón de Vulneración Sistemática: Tal como se ha expuesto en otras acciones judiciales (v.gr. Tutela Freder Abit Sabat), la entidad accionada ha adoptado un patrón de 'rechazo automático' basado en ritualismos excesivos, bloqueando el acceso a recursos públicos de ciencia y tecnología mediante obstáculos formales insalvables.

II. FUNDAMENTOS DE HECHO Y DE DERECHO

1. Del exceso ritual manifiesto y la primacía del derecho sustancial

La administración incurre en un defecto fáctico y procedimental al aplicar las normas con un rigor extremo que termina por sacrificar el derecho sustancial de los proponentes. Según la **Sentencia SU-201/94**, la actuación administrativa debe ser regular desde el punto de vista constitucional y ajustarse a los principios de eficacia y economía. En este caso, la exigencia de firmas de alcaldes municipales, cuando ya se cuenta con el aval expreso de los Gobernadores, quienes no sólo coordinan la inversión regional del SGR según la Ley 2056 de 2020, sino que presiden los CODECTI regionales, **constituye una carga irrazonable y desproporcionada**. Este "formalismo extremo" no aporta transparencia adicional al proceso

Universidad del Valle



Oficina Jurídica
Rectoría

y, por el contrario, actúa como una barrera que bloquea el desarrollo territorial y la innovación científica en regiones históricamente marginadas.

2. Vulneración al Derecho de Subsanción y el Debido Proceso Administrativo

El numeral 10.11 de los Términos de Referencia (TDR) de la Convocatoria 49 permite explícitamente **aclarar o justificar los documentos presentados**. Al calificar como un "rechazo definitivo" omisiones menores, como la falta de un membrete oficial de la Universidad Nacional o una firma en documentos presupuestales que no alteran el puntaje técnico ni la viabilidad científica, MINCIENCIAS desconoce el derecho a la defensa y la jurisprudencia constitucional.

Como se advierte en la **SU-201/94**, la impertinencia de una prueba o documento debe ser manifiesta para que la administración pueda rechazarla de plano; de lo contrario, se incurre en una violación flagrante a la garantía del debido proceso. Negar la posibilidad de subsanar requisitos de forma en documentos preexistentes en el expediente (como el Anexo 2) es una medida preventiva que la tutela debe corregir para evitar un perjuicio irremediable.

3. Afectación a la Soberanía Energética y los Derechos de las Comunidades Étnicas

El rechazo arbitrario de este proyecto no es una decisión administrativa neutra; impacta directamente en la soberanía energética y en los derechos de los **Consejos Comunitarios del RÍO NAYA y BAJO MIRA Y FRONTERA**. Estas comunidades han comprometido recursos, territorio y participación activa para consolidar una transición energética justa y comunitaria en el litoral pacífico. Al priorizar el "formalismo gráfico" y los "ritualismos excesivos" sobre el derecho de estas poblaciones a acceder a los beneficios de la ciencia y la tecnología, el Ministerio vulnera el principio de que la función administrativa debe estar al servicio de los intereses generales. La tutela, en este evento, tiene la misión de impedir que la administración concluya la actuación con desconocimiento de los derechos fundamentales de estas comunidades, asegurando que el desarrollo de la actividad administrativa sea legítimo y ajustado a la realidad del territorio.

4. Sobre el Perjuicio Irremediable.

El perjuicio irremediable en este caso es **inminente, grave y requiere medidas urgentes**, pues el rechazo del proyecto ID 142001 por ritualismos formales no solo excluye a la Universidad del Valle de una competencia técnica, sino que anula definitivamente la posibilidad de ejecutar una iniciativa pilar para la transición energética justa en el Pacífico. La inminencia se materializa en el vencimiento del término de subsanción el próximo 20 de mayo; de no otorgarse el amparo, el daño será irreversible, ya que el cronograma del SGR avanzará sin la propuesta, consolidando una pérdida de oportunidad de financiación que no puede ser reparada mediante acciones contenciosas posteriores dadas las dinámicas de asignación de recursos públicos.

Universidad del Valle

La gravedad del perjuicio trasciende lo económico para afectar derechos fundamentales de los **Consejos Comunitarios del Río Naya y Bajo Mira y Frontera**, quienes ven frustrado su derecho al desarrollo y a la soberanía energética por obstáculos administrativos ineficientes como la exigencia de "pantallazos" o membretes. Siguiendo la **Sentencia SU-201/94**, la tutela debe actuar como un mecanismo preventivo para evitar que un acto de trámite arbitrario clausure una actuación administrativa vital, garantizando que el derecho sustancial de las comunidades étnicas no sea sacrificado ante un exceso ritual manifiesto que ignora la realidad del territorio.

EN EL CASO CONCRETO.

Tal como sucedió en el caso analizado en la **Sentencia SU-201/94**, donde la administración prolongó ilegalmente una situación jurídica basándose en interpretaciones restrictivas, en este caso el "rechazo automático" de MINCIENCIAS constituye un acto de trámite que impide la continuación de una actuación vital para el interés público. Por lo tanto, la tutela es el mecanismo idóneo para ordenar que se adecue la actuación administrativa, permitiendo la subsanación y garantizando que el proyecto sea evaluado bajo criterios de idoneidad científica y no de mera estética procedimental.

IV. PRETENSIONES:

PRIMERA. AMPARAR los derechos fundamentales invocados del suscrito accionante y de todas las entidades y comunidades aliadas que integran la propuesta.

SEGUNDA. ORDENAR al MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (MINCIENCIAS) revocar el rechazo del proyecto ID 142001 y reincorporarlo al proceso de selección competitiva.

TERCERA. ORDENAR a la accionada que habilite el término para la SUBSANACIÓN de los requisitos de forma (firmas, membretes, delegaciones y pantallazos, estudio de mercado) por tratarse de omisiones que no afectan el fondo de la propuesta.

CUARTA. DECLARAR la plena validez de los certificados de no financiación emitidos por las GOBERNACIONES de Nariño y Valle del Cauca, reconociendo su competencia jerárquica en el SGR.

V. JURAMENTO Y NOTIFICACIONES:

Bajo la gravedad de juramento manifiesto que no he interpuesto otra acción de tutela por los mismos hechos y derechos.

VI. NOTIFICACIONES:

La Universidad del Valle:

- notificacionesjudiciales.juridica@correounivalle.edu.co

Universidad del Valle



Oficina Jurídica
Rectoría

- tutelas@correounivalle.edu.co

Los Terceros Interesados: juridicaminas_med@unal.edu.co;
Oficompetitividad@narino.gov.co;
jose.macias@uamerica.edu.co;
conservamostec@gmail.com;

Entidad Accionada: notificacionesjudiciales@minciencias.gov.co

Cordialmente:

LUIS ALFONSO SÁNCHEZ LÓPEZ
C.C. 1113782313
T.P. 283641



Señor
JUEZ DEL CIRCUITO CONSTITUCIONAL DE REPARTO
E. S. D.
ACCIONANTE: UNIVERSIDAD DEL VALLE
ACCIONADO: MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
– MINCIENCIAS
TERCEROS INTERESADOS: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
sede Medellín, FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, Y OTROS

Ref. Poder especial

ALEJANDRO PINZÓN ALAMEDA, mayor de edad, vecino de Cali, identificado con la cédula de ciudadanía No. 19222384, en mi condición de Jefe de Oficina Jurídica (E), designado mediante RESOLUCIÓN No. 1.657 14 de abril de 2026 y delegado mediante Resolución No. 3803 del 17 de diciembre de 2025, emanada de la Rectoría que precisa en el Artículo 2 literal d) la facultad para *Otorgar poderes a abogados de planta o externos para la representación judicial, extrajudicial o administrativa* en representación de la Universidad del Valle, ente universitario autónomo del orden estatal, vinculado al Ministerio de Educación Nacional, creado por la Asamblea Departamental del Valle, con personería jurídica, por medio del presente escrito manifiesto manifiesto que confiero **poder especial, amplio y suficiente** al abogado **LUIS ALFONSO SÁNCHEZ LÓPEZ**, identificado con cedula de ciudadanía 1113782313 expedida en Roldanillo, con Tarjeta Profesional No. 283641 emanada por el Consejo Superior de la Judicatura, para que en nombre y representación de la **UNIVERSIDAD DEL VALLE** ejerza la representación judicial en el marco del proceso judicial relacionado en el radicado del encabezado de forma concreta y específica para que presente acción de tutela en contra del MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN por el rechazo del proyecto ID 142001. en el marco de la Convocatoria No 49 o CONVOCATORIA ENERGÍA SOSTENIBLE PARA EL TERRITORIO: TRANSICIÓN JUSTA, COMUNITARIA E INNOVADORA. PLAN BIENAL DE CONVOCATORIAS SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS 2025 – 2026

El apoderado cuenta con las facultades inherentes para el ejercicio del presente poder, en especial las de conciliar, recibir, transigir, sustituir, desistir, renunciar, reasumir y en general todas aquellas necesarias para el buen cumplimiento de su gestión, y aquellas enunciadas en el artículo 77 del Código General del Proceso.


De conformidad con el artículo 5 de la Ley 2213 de 2022, me permito informar que el apoderado será notificado en la dirección de los siguientes correos electrónicos:

noficiacionesjudiciales.juridica@correounivalle.edu.co
tutelas@correounivalle.edu.co

Teléfono fijo: (602)3212228 Ext. 7616

Sírvase señor Magistrado, reconocerle personería en los términos y para los fines aquí señalados.

Atentamente,


ALEJANDRO PINZÓN ALAMEDA
Jefe Oficina Jurídica (E)
Universidad del Valle

Acepto:


LUIS ALFONSO SÁNCHEZ LÓPEZ
C.C. 1113782313
T.P. 283641



OFICINA JURIDICA UNIVERSIDAD DEL VALLE <oficina.juridica@correounivalle.edu.co>

Asignación Poder Acción de Tutela Contra Minciencias

OFICINA JURIDICA UNIVERSIDAD DEL VALLE <oficina.juridica@correounivalle.edu.co>

15 de mayo de 2026 a las
16:45

Para: LUIS ALFONSO SANCHEZ LOPEZ <luis.alfonso.sanchez@correounivalle.edu.co>

Abogado
LUIS ALFONSO SÁNCHEZ LÓPEZ
C.C. 1113782313
T.P. 283641

Cordial saludo,

Remito mensaje de datos para su asignación y representación poder especial para actuar en el proceso judicial descrito en el archivo adjunto, de conformidad con el artículo 5 de la Ley 2213 de 2022 y delegado mediante Resolución No. 3.318 del 24 de octubre de 2016 emanada de la Rectoría para otorgar poderes especiales a abogados de planta y externos para ejercer la representación judicial y extrajudicial en representación de la Universidad del Valle.

Cordialmente

ALEJANDRO PINZÓN ALAMEDA

Jefe Oficina Jurídica

 PODER_ALEJANDRO.docx (4).pdf
312K



UNIVERSIDAD DEL VALLE

1

R E C T O R Í A

RESOLUCIÓN No. 1.657

14 de abril de 2026

“Por la cual se efectúa una encargatura”.

EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, en uso de las atribuciones conferidas en el Acuerdo 025 del año 2014 emanado del Consejo Superior, y

C O N S I D E R A N D O:

Que según comunicación 20260410-5437-I de la Oficina Jurídica, y que cuenta con el visto bueno del rector, profesor Guillermo Murillo Vargas, solicitan encargar al señor Alejandro Pinzón Alameda, profesional de la Oficina Jurídica, como jefe de esa dependencia de la Rectoría, durante el periodo comprendido entre el 27 de abril y el 29 de mayo de 2026, mientras el señor Fernando Fierro Pérez, titular del cargo se encuentra en periodo de vacaciones,

R E S U E L V E:

ARTÍCULO 1°: Encargar, al señor **ALEJANDRO PINZÓN ALAMEDA**, identificado con la cédula de ciudadanía No. 19222384, profesional de la Oficina Jurídica, como jefe de esa dependencia de la Rectoría, durante el periodo comprendido entre el 27 de abril y el 29 de mayo de 2026, mientras el señor Fernando Fierro Pérez, titular del cargo se encuentra en periodo de vacaciones.

ARTÍCULO 2°: Comunicar de la presente Resolución al señor Alejandro Pinzón Alameda al correo electrónico: alejandro.pinzon@correounivalle.edu.co.

COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Santiago de Cali, a los 14 días de abril de 2026.


GUILLERMO MURILLO VARGAS
Rector


FERNANDO FIERRO PÉREZ
Secretario General (E.)

UNIVERSIDAD DEL VALLE

R E C T O R Í A

RESOLUCIÓN No.3.803

17 de diciembre de 2025

“Por la cual se delegan funciones a la Jefatura de la Oficina Jurídica para el cumplimiento de las sentencias de tutela y se dictan otras disposiciones”.

EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas por el artículo 25o, literal q) del Estatuto General, y

C O N S I D E R A N D O :

Que el artículo 69 de la Constitución Política de Colombia de 1991 garantiza la autonomía universitaria. Las universidades podrán darse sus directivas y regirse por sus propios estatutos, de acuerdo con la ley;

Que la Ley 30 de 1992, por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior, en su artículo 62, establece que la dirección de las universidades estatales corresponde al Consejo Superior Universitario, al Consejo Académico y al Rector. Estas autoridades, en el marco de sus competencias, adoptan las decisiones administrativas y académicas necesarias para el funcionamiento de la institución;

Que el artículo 9 de la Ley 489 de 1998, que regula la función administrativa, faculta a los representantes legales de las entidades públicas para delegar la atención y decisión de los asuntos a ellos confiados en los empleados públicos de los niveles directivo y asesor. La delegación debe constar por escrito, determinar la autoridad delegataria y las funciones o asuntos específicos cuya atención y decisión se transfieren, así como las condiciones bajo las cuales se desarrollará;

Que la jurisprudencia de la Corte Constitucional, en reiteradas sentencias como la T-281 de 2022 y la T-106 de 2019, ha establecido que la acción de tutela es el mecanismo idóneo para proteger los derechos fundamentales de los miembros de la comunidad universitaria;

Que el cumplimiento de las órdenes judiciales derivadas de acciones de tutela es un deber constitucional ineludible para la Universidad del Valle, en su calidad de entidad estatal sujeta al control constitucional, de conformidad con el artículo 86 de la Constitución Política y el artículo 1 del Decreto 2591 de 1991;



Que la Oficina Jurídica de la Universidad del Valle tiene a su cargo, entre otras funciones, el asesoramiento legal, la representación judicial y extrajudicial de la institución. Por tanto, resulta necesario que su jefe o jefa cuente con las facultades expresas para actuar en los asuntos de su competencia, incluyendo la atención de acciones de tutela;

Que con el fin de optimizar la gestión administrativa, garantizar la oportuna respuesta a las acciones de tutela y asegurar el cumplimiento de las órdenes judiciales, se hace necesario delegar funciones específicas en el jefe o jefa de la Oficina Jurídica;

Que la presente delegación tiene como objetivo mejorar la eficiencia administrativa, fortalecer los mecanismos internos de cumplimiento de órdenes judiciales y asegurar que la Universidad del Valle cumpla cabalmente con sus obligaciones constitucionales y legales;

Que en virtud de lo anterior,

R E S U E L V E:

ARTÍCULO 1º. DELEGACIÓN DE FUNCIONES. Delegar en el jefe o la jefa de la Oficina Jurídica de la Universidad del Valle, las siguientes funciones:

- a) Recibir, registrar y dar trámite administrativo a todas las órdenes judiciales provenientes de acciones de tutela que sean dirigidas contra la Universidad del Valle.
- b) Impulsar el proceso de cumplimiento de las órdenes judiciales emitidas por los juzgados y tribunales competentes en acciones de tutela, coordinando con las dependencias universitarias responsables de ejecutar tales órdenes.
- c) Realizar el seguimiento y control del cumplimiento oportuno de las medidas ordenadas por los jueces constitucionales.
- d) Verificar el cumplimiento de los términos establecidos en las órdenes judiciales y adoptar las acciones administrativas necesarias para asegurar su ejecución dentro de los plazos señalados.
- e) Reportar periódicamente al Rector o la Rectora sobre el estado de cumplimiento de las órdenes judiciales provenientes de tutelas.

ARTÍCULO 2º. FACULTADES DE REPRESENTACIÓN. Faculta al jefe o la jefa de la Oficina Jurídica para que represente judicial, administrativamente y extrajudicialmente a la Universidad del Valle en todos los asuntos de conocimiento de su despacho, incluyendo, pero no limitado a:



- a) Representación judicial: Comparecer ante los juzgados y tribunales de cualquier orden, interponer recursos, ejercer acciones y excepciones, suscribir escritos procesales, promover incidentes, allanarse a demandas cuando corresponda según criterio institucional, y en general ejecutar todos los actos procesales necesarios para la defensa de los intereses de la Universidad.
- b) Representación administrativa: Participar en procedimientos administrativos, recursos y reclamaciones ante organismos administrativos, entes de vigilancia y control, autoridades universitarias, y comparecer ante cualquier autoridad administrativa que requiera la presencia de un representante de la Universidad.
- c) Representación extrajudicial: Celebrar acuerdos, transacciones, desistimientos, suscribir documentos, participar en negociaciones, tramitar conciliaciones, medidas de resolución alternativa de conflictos, y en general ejecutar actos extrajudiciales que redunden en beneficio de la Universidad.
- d) Otorgar poderes a abogados de planta o externos para la representación judicial, extrajudicial o administrativa.

ARTÍCULO 3º. ÁMBITO DE APLICACIÓN. La delegación conferida en los artículos anteriores se aplica específicamente a:

- Acciones de tutela dirigidas contra la Universidad del Valle.
- Derechos de petición relacionados con el cumplimiento de órdenes judiciales de tutela.
- Recursos de apelación y revisión contra decisiones de tutela.
- Procesos de ejecución de sentencias y órdenes de tutela.
- Todos los trámites administrativos que deriven de acciones de tutela.
- Procesos judiciales ordinarios o contenciosos
- Actuaciones administrativas ante organismos de vigilancia y control

ARTÍCULO 4º. RESTRICCIONES Y SALVEDAD. La delegación conferida en la presente resolución no incluye:

- a) Acciones que requieran autorización expresa del Consejo Superior Universitario, tales como la celebración de transacciones por montos superiores al límite establecido en la normatividad universitaria vigente.
- b) Decisiones que impliquen cambios en la estructura administrativa, supresión de dependencias u órganos universitarios.
- c) Asuntos de carácter disciplinario sancionatorio que afecten a servidores públicos de naturaleza docente o de directiva superior, que correspondan al Rector o la Rectora.
- d) Cuestiones de orden académico que sean exclusivas del Consejo Académico o del Consejo Superior Universitario.



Cuando se presenten situaciones que excedan el ámbito de la presente delegación, el jefe o la jefa de la Oficina Jurídica remitirá la solicitud o procedimiento al Rector o la Rectora con concepto jurídico y recomendación de actuación.

ARTÍCULO 5°. **COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL.** El jefe o la jefa de la Oficina Jurídica deberá mantener coordinación permanente con las siguientes dependencias para el cumplimiento de las órdenes judiciales:

- Rectoría
- Vicerrectorías
- Dirección Administrativa
- Dirección Financiera
- Departamentos y facultades que hayan sido materia de la acción de tutela
- Demás dependencias que sean necesarias según el caso específico

ARTÍCULO 6°. **VIGENCIA Y REVISIÓN.** La presente resolución rige desde su fecha de expedición. El Rector o la Rectora podrá revisar y modificar esta delegación mediante resolución motivada cuando lo considere necesario en aras del buen funcionamiento administrativo de la Universidad.

ARTÍCULO 7°. **DEROGATORIA.** Deroga todas aquellas disposiciones que le sean contrarias, en especial la Resolución de Rectoría No. 3.318 del 24 de octubre de 2016.

COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

En constancia se firma en Santiago de Cali, a los 17 días de diciembre de 2025.


GUILLERMO MURILLO VARGAS
Rector


ROSA EMILIA BERMÚDEZ RICO
Secretaria General



Oficina Jurídica
Rectoría

Señor

JUEZ DEL CIRCUITO CONSTITUCIONAL DE REPARTO

E. S. D.

ACCIONANTE: UNIVERSIDAD DEL VALLE

ACCIONADO: MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN – MINCIENCIAS

TERCEROS INTERESADOS: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA sede Medellín, FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, CONSERVAMOS SAS., COLTURBINAS LTDA., INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES, ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS – IPSE., CONSEJO COMUNITARIO DEL RÍO NAYA (Departamento del Valle del Cauca), CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA (Departamento de Nariño), DEPARTAMENTO DE NARIÑO (GOBERNACIÓN).

REF. MEDIDAS CAUTELARES

Cordial saludo,


Dada la urgencia manifiesta y con el fin de evitar un **perjuicio irremediable** consistente en la exclusión definitiva del proyecto por el vencimiento del término de subsanación el próximo **20 de mayo de 2026**, solicito de manera respetuosa se decrete la siguiente **MEDIDA PREVIA** (conforme al Art. 7 del Decreto 2591 de 1991):

1. **SUSPENDER** los efectos del rechazo contenido en el Certificado de Requisitos del 13 de mayo de 2026 emitido por MINCIENCIAS respecto al proyecto ID 142001.
2. **ORDENAR** a MINCIENCIAS que, de manera provisional, **PRORROGUE o SUSPENDA** el término para la subsanación de requisitos de la Convocatoria 49 únicamente respecto al accionante, hasta tanto este despacho judicial se pronuncie sobre el fondo de la protección solicitada.

FUNDAMENTO DE LA MEDIDA:

La medida es necesaria debido a que la ejecución del acto de trámite (el rechazo basado en ritualismos) haría imposible la protección posterior del derecho, ya que el cronograma de la convocatoria sigue avanzando. La **Sentencia SU-201/94** permite al juez intervenir preventivamente para que la autoridad encauce su actuación conforme a los preceptos constitucionales y asegure el derecho de defensa antes de que se consolide una situación jurídica definitiva e injusta. De no otorgarse la medida, el amparo judicial resultaría inocuo ante la pérdida de la oportunidad de participar en el SGR por meras fallas de forma subsanables.

Cordialmente:


LUIS ALFONSO SÁNCHEZ LÓPEZ
C.C. 1113782313
T.P. 283641

Universidad del Valle

CERTIFICADO DE REQUISITOS

CÓDIGO DEL PROYECTO: 142001

TÍTULO: Desarrollo de la Industria del Hidrógeno verde Integrada con fuentes de energía mareomotriz para el Pacífico colombiano en los departamentos del Valle del Cauca, Nariño

ENTIDAD: UNIVERSIDAD DEL VALLE

CONVOCATORIA: CONVOCATORIA 49

PROGRAMA:

RELACIÓN DE REQUISITOS Y DOCUMENTOS ADJUNTOS

Nº	Definición del requisito	Nombre del archivo	Tamaño	Verificación Requisito	Fecha Cumplimiento	Observaciones
1	Carta Unificada de Aval	1_anexo 1 _carta_unificada_de_a val_compromiso institucional final.pdf	858.21 KB	No	13/05/2026	No se aporta el acto administrativo por medio del cual el representante legal delega a ELIZABETH PABON GELVES de la UNIVERSIDAD NACIONAL asuntos relacionados al Sistema General de Regalías.
2	Documento técnico (Anexo 2)	anexo_2_documento_t ecnico_V08mayo26 final.pdf	5866.02 KB	No	13/05/2026	Se hubiera esperado que en la cadena de valor la administración fuera una actividad independiente a la supervisión. En el resumen de fuentes de financiación se esperaba que la asignación de recursos SGR fuera por departamento y no por un valor global.
3	Presupuesto (Anexo 3)	ANEXO 3 PPTO HVM MAYO 8 MGA.xlsx	1241.73 KB	No	13/05/2026	Para el talento humano relacionar el acto administrativo por medio del cual se calcularon los honorarios del talento humano. El presupuesto no contiene la firma ni la fecha de elaboración.

CERTIFICADO DE REQUISITOS

RELACIÓN DE REQUISITOS Y DOCUMENTOS ADJUNTOS

Nº	Definición del requisito	Nombre del archivo	Tamaño	Verificación Requisito	Fecha Cumplimiento	Observaciones
						<p>El presupuesto debe contener para el capítulo de capacitación: descripción, lugar, justificación, duración, beneficiarios, perfil y honorarios del capacitador, refrigerios, espacios físicos, gastos de desplazamiento y materiales, en caso que apliquen.</p> <p>El presupuesto debe contener el estudio de (...)</p>
4	Proyecto de inversión formulado en la Metodología General Ajustada (MGA) en borrador	MGA WEB Borrador HVM Prof Rueda.pdf	265.96 KB	No	13/05/2026	Se hubiera esperado que en la cadena de valor la administración fuera una actividad independiente a la supervisión.
5	CERTIFICADOS DE NO FINANCIACIÓN CON OTRAS FUENTES DE RECURSOS	Certificados no financiancion.pdf	439.60 KB	No	13/05/2026	<p>Se aporta carta firmada por LUIS ALFONSO ESCOBAR JARAMILLO, en calidad de representante legal del DEPARTAMENTO DE NARIÑO</p> <p>Se aporta carta firmada por DILIAN FRANCISCA TORO TORRES, en calidad de representante legal del DEPARTAMENTO DE VALLE DEL CAUCA</p> <p>Sin embargo, en la identificación del proyecto, en el documento técnico (p.6), se menciona que el proyecto no se ejecutará en todo el departamento, sino en el municipio de BUENAVENTURA (Valle del Cauca) y TUMACO (NARIÑO) , por lo anterior, (...)</p>

CERTIFICADO DE REQUISITOS

RELACIÓN DE REQUISITOS Y DOCUMENTOS ADJUNTOS

Nº	Definición del requisito	Nombre del archivo	Tamaño	Verificación Requisito	Fecha Cumplimiento	Observaciones
6	Adjuntar la carta Aval del Comité de Ética de la Investigación o de Bioética (Si aplica)	Aval_CEIFI_21 2026.pdf	91.41 KB	Si	13/05/2026	Sin observaciones
7	Atención a demandas territoriales en departamentos de al menos una (1) Región del SGR	Atencion a demandas territoriales en departamentos.pdf	74.29 KB	Si	13/05/2026	Sin observaciones
8	Cartas de participación	Cartas participacion.pdf	2834.97 KB	No	13/05/2026	No se aportó el acto administrativo de delegación para la carta de la entidad UNIVERSIDAD NACIONAL y el documento no contiene los membretes oficiales.
9	Certificado de existencia y representación legal	2026 EE 162945 Certificado de Existencia y Representacion Legal.pdf	515.01 KB	No	13/05/2026	No se aporta el pantallazo del reconocimiento del grupo de investigación.
10	Otros Adjuntos	experiencia_ctel con soportes mas IGPR.pdf	13364.27 KB	No	13/05/2026	No se aporta el pantallazo del reconocimiento del grupo de investigación

TOTAL: 10 ARCHIVOS ADJUNTOS

Certificado generado a los 13 días del mes de mayo de 2026 por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - MINCIENCIAS



PRESENTACIÓN PROYECTO

- [Generalidades](#)
- [Grupos](#)
- [Palabras Claves](#)
- [Entidades/Personas](#)
- [Entidades/Personas General](#)
- [Descripciones](#)
- [Cronograma](#)
- [Personal](#)
- [Rubros](#)
- [Rubros Entidad](#)
- [Detalles Rubros](#)
- [Rubros por Año](#)
- [Contrapartida](#)





Generalidades

Código Registro:	142001
Título:	Desarrollo de la Industria del Hidrógeno verde Integrada con fuentes de energía mareomotriz para el Pacífico colombiano en los departamentos del Valle del Cauca, Nariño
Convocatoria:	CONVOCATORIA 49
Entidad/Persona:	UNIVERSIDAD DEL VALLE
Tipo:	Proyecto
Duración en Meses:	36
Ejecución Cronograma en:	Meses
Gran Área OCDE de conocimiento:	2. Ingeniería y Tecnología
Área OCDE de conocimiento:	2.A. Ingeniería Civil
Disciplina OCDE de conocimiento:	Ingeniería Civil

Grupos

Código	Nombre	Entidad	Clasificación	Número de Resolución	Año de Resolución
COL0069699	OCEANICOS - Grupo de Oceanografía e Ingeniería Costera de la Universidad Nacional	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)	A1	1490	2017
COL0074769	Grupo de Investigación en Hidráulica Fluvial y Marítima - HIDROMAR	UNIVERSIDAD DEL VALLE	C		
COL0011339	Grupo de Investigación en Logística y Analítica para una Sociedad Sostenible (LASSOS)	UNIVERSIDAD DEL VALLE	A1	0502	2022
COL0015409	Fisicoquímica de Bio y Nanomateriales	UNIVERSIDAD DEL VALLE	A	0502	2022
COL0094459	Grupo de Investigación Gestión Integral del Recurso Agua para el Desarrollo Agrícola y la Seguridad Alimentaria - Regar	UNIVERSIDAD DEL VALLE	A	0502	2022
COL0075551	GRUPO DE ENERGIA MATERIALES Y DISEÑO EnerDIMAT	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	B	3	2003
COL0010136	Procesos Avanzados para las Innovaciones Biotecnológicas y Ambientales - BIOX	UNIVERSIDAD DEL VALLE	A1	0504	2022
COL0215329	IMPETUS INDOMITUS Research team in the energy conversion and propulsion revolution	UNIVERSIDAD DEL VALLE	C		
COL0063603	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PROCESOS SOSTENIBLES	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	B	1	2008

Palabras Claves

-  DESARROLLO TECNOLÓGICO
-  COMUNIDADES ENERGÉTICAS
-  ENERGÍA MARINA
-  PACÍFICO COLOMBIANO

Entidades/Personas

Nombre Entidad/Persona	Rol
FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	ALIADO / COEJECUTOR
CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA	ALIADO / COEJECUTOR
INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS - IPSE	ALIADO / COEJECUTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)	ALIADO / COEJECUTOR
CONSEJO COMUNITARIO DE LA COMUNIDAD NEGRA DEL RIO NAYA	ALIADO / COEJECUTOR
CONSERVAMOS SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS	ALIADO / COEJECUTOR
UNIVERSIDAD DEL VALLE	EJECUTOR
COLTURBINAS LIMITADA	ALIADO / COEJECUTOR
DEPARTAMENTO DE NARIÑO	ALIADO / COEJECUTOR

Entidades/Personas General

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Tipo Postulante:	Persona Jurídica	Tipo Documento:	NIT
Identificación / Nit:	860006806	Digito de Verificación:	7
Ciudad:	BOGOTÁ, D.C.		
Dirección:	Avenida Circunvalar número 20-53	Fax:	
Página Web:	https://www.uamerica.edu.co/	Email:	sally.gonzalez@uamerica.edu.co
Tipo Cubrimiento:	Nacional		
Tipo Entidad Proponente:	b. Las que hayan realizado actividades de ciencia, tecnología e innovación y que, sin contar con un reconocimiento previo por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, cumplan con los criterios de idoneidad y trayectoria que se establezcan en los términos de referencia y en los criterios de evaluación de cada convocatoria.		
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes?	No		

Representante Legal

Nombre: MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA
Tipo Identificación: CEDULA DE CIUDADANIA **Numero Identificación:** 80419089

Primer Contacto

Nombre: SALLY GONZÁLEZ HIGUERA **Cargo:** Directora de Investigaciones
Teléfono Contacto: 573219631828 **Email:** direccion.investigaciones@uamerica.edu.co

Clasificación			
Sector:	PRIVADAS SIN ÁNIMO DE LUCRO		
Dirección:	Avenida Circunvalar número 20-53	Teléfono:	(571) 3376680
Tipo Entidad:	FUNDACIONES, ASOCIACIONES PROFESIONALES, ONGS	Tipo Empresa:	
Naturaleza Jurídica:	GRAN CONTRIBUYENTE	Tamaño:	

Información Adicional			
Exporta:	No	Matrícula Cámara:	417-1958-02-13
Fecha Constitución:	1958-02-13	Activo total último año:	

CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA

Tipo Postulante:	Persona Jurídica	Tipo Documento:	NIT
Identificación / Nit:	840000233	Digito de Verificación:	7
Ciudad:	SAN ANDRÉS DE TUMACO		
Dirección:	Calle del comercio Cs 328 Barrio la calabera	Fax:	
Página Web:		Email:	cefletcher8@hotmail.com
Tipo Cubrimiento:	Nacional		
Tipo Entidad Proponente:	b. Las que hayan realizado actividades de ciencia, tecnología e innovación y que, sin contar con un reconocimiento previo por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, cumplan con los criterios de idoneidad y trayectoria que se establezcan en los términos de referencia y en los criterios de evaluación de cada convocatoria.		
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes?	No		

Representante Legal			
Nombre:	Hector Alonso Hurtado Segura		
Tipo Identificación:	CEDULA DE CIUDADANIA	Numero Identificación:	87946354

Primer Contacto			
Nombre:	HECTOR ALONSO HURTADO SEGURA	Cargo:	Representante legal
Teléfono Contacto:	3173978902	Email:	hectorhurt879@gmail.com

Clasificación			
Sector:	PRIVADAS SIN ÁNIMO DE LUCRO		
Dirección:	Calle del comercio Cs 328 Barrio la calabera	Teléfono:	3173978902
Tipo Entidad:	FUNDACIONES, ASOCIACIONES PROFESIONALES, ONGS	Tipo Empresa:	
Naturaleza Jurídica:	NO CONTRIBUYENTE	Tamaño:	

Información Adicional			
Exporta:	No	Matrícula Cámara:	
Fecha Constitución:		Activo total último año:	

ZONAS NO INTERCONECTADAS - IPSE

Tipo Postulante:	Persona Jurídica	Tipo Documento:	NIT
Identificación / Nit:	899999048	Digito de Verificación:	2
Ciudad:	BOGOTÁ, D.C.		
Dirección:	CALLE 99 No 9A 54	Fax:	
Página Web:	https://ipse.gov.co	Email:	jairovalencia@ipse.gov.co
Tipo Cubrimiento:	Nacional		
Tipo Entidad Proponente:	b. Las que hayan realizado actividades de ciencia, tecnología e innovación y que, sin contar con un reconocimiento previo por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, cumplan con los criterios de idoneidad y trayectoria que se establezcan en los términos de referencia y en los criterios de evaluación de cada convocatoria.		
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes?	No		

Representante Legal

Nombre: JAVIER EDUARDO CAMPILLO JIMÉNEZ
Tipo Identificación: CEDULA DE CIUDADANIA **Numero Identificación:** 73190588

Primer Contacto

Nombre: JAIRO ALBERTO VALENCIA LLANOS **Cargo:** ASESOR /INGENIERO ELECTRICISTA
Teléfono Contacto: 57+6397888 **Email:** jairovalencia@ipse.gov.co

Clasificación

Sector: PÚBLICO
Dirección: CALLE 99 No 9A 54 **Teléfono:** 57+6397888
Tipo Entidad: ENTIDADES GUBERNAMENTALES **Tipo Empresa:**
Naturaleza Jurídica: ENTIDAD ESTATAL **Tamaño:** MEDIANA

Información Adicional

Exporta: No **Matrícula Cámara:** N.A.
Fecha Constitución: **Activo total último año:**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)

Tipo Postulante:	Persona Jurídica	Tipo Documento:	NIT
Identificación / Nit:	899999063	Digito de Verificación:	3
Ciudad:	MEDELLÍN		
Dirección:	Carrera 65 No. 59A 110	Fax:	6044309575
Página Web:	https://medellin.unal.edu.co/	Email:	dirinvext_med@unal.edu.co
Tipo Cubrimiento:	Nacional		
Tipo Entidad Proponente:	a. Las que cuenten con reconocimiento vigente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, como actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – SNCTI.		
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes?	Si		

Representante Legal

Nombre: JOHANNA VÁSQUEZ VELÁSQUEZ
Tipo Identificación: CEDULA DE CIUDADANIA **Numero Identificación:** 43620047

Primer Contacto

Nombre: ELIZABETH PABÓN GELVES **Cargo:** Director de investigación y Extensión
Teléfono Contacto: 6044309575 **Email:** dirinvest_med@unal.edu.co

Clasificación

Sector: EDUCATIVO
Dirección: Carrera 65 No. 59A 110 **Teléfono:** 6044309575
Tipo Entidad: UNIVERSIDAD PUBLICA **Tipo Empresa:**
Naturaleza Jurídica: NO CONTRIBUYENTE **Tamaño:** GRANDE

Información Adicional

Exporta: No **Matrícula Cámara:**
Fecha Constitución: 1867-12-16 **Activo total último año:**

CONSEJO COMUNITARIO DE LA COMUNIDAD NEGRA DEL RIO NAYA

Tipo Postulante: Persona Jurídica **Tipo Documento:** NIT
Identificación / Nit: 835000662 **Dígito de Verificación:** 5
Ciudad: BUENAVENTURA
Dirección: RIO NAYA **Fax:**
Página Web: **Email:** felinaya2011@gmail.com
Tipo Cubrimiento: Nacional
Tipo Entidad Proponente:
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes? No

Representante Legal

Nombre: JOSE CRECENCIO ANGULO ANGULO
Tipo Identificación: CEDULA DE CIUDADANIA **Numero Identificación:** 16947844

Primer Contacto

Nombre: FELIPE SANTIAGO ANGULO SANCLEMENTE **Cargo:** LIDER SOCIAL/AGRONOMO
Teléfono Contacto: 3163437854 **Email:** felinaya2011@gmail.com

Clasificación

Sector: PRIVADAS SIN ÁNIMO DE LUCRO
Dirección: RIO NAYA **Teléfono:** 3163437854
Tipo Entidad: FUNDACIONES, ASOCIACIONES PROFESIONALES, ONGS **Tipo Empresa:**

Naturaleza Jurídica:	Tamaño:
-----------------------------	----------------

Información Adicional			
Exporta:	No	Matrícula Cámara:	
Fecha Constitución:		Activo total último año:	

CONSERVAMOS SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS

Tipo Postulante:	Persona Jurídica	Tipo Documento:	NIT
Identificación / Nit:	901196580	Digito de Verificación:	1
Ciudad:	CALI		
Dirección:	Av 2 norte # 44-49	Fax:	3164472080
Página Web:	https://conservamos.com.co/	Email:	conservamostec@gmail.com
Tipo Cubrimiento:	Nacional		
Tipo Entidad Proponente:	b. Las que hayan realizado actividades de ciencia, tecnología e innovación y que, sin contar con un reconocimiento previo por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, cumplan con los criterios de idoneidad y trayectoria que se establezcan en los términos de referencia y en los criterios de evaluación de cada convocatoria.		
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes?	Si		

Representante Legal			
Nombre:	Yazmin Rojas		
Tipo Identificación:	CEDULA DE CIUDADANIA	Numero Identificación:	67018143

Primer Contacto			
Nombre:	JUAN GEOVANY BERNAL PATIÑO	Cargo:	Director Técnico
Teléfono Contacto:	3164472080	Email:	conservamostec@gmail.com

Clasificación			
Sector:	EMPRESARIAL		
Dirección:	Av 2 norte # 44-49	Teléfono:	316 447 20 80
Tipo Entidad:	EMPRESA PRIVADA	Tipo Empresa:	SAS
Naturaleza Jurídica:	REGIMEN SIMPLIFICADO	Tamaño:	MICROEMPRESA

Información Adicional			
Exporta:	No	Matrícula Cámara:	901196580-1
Fecha Constitución:	2018-07-18	Activo total último año:	\$0

UNIVERSIDAD DEL VALLE

Tipo Postulante:	Persona Jurídica	Tipo Documento:	NIT
Identificación / Nit:	890399010	Digito de Verificación:	6
Ciudad:	CALI		
Dirección:	Calle 13 # 100-00	Fax:	
Página Web:	http://www.univalle.edu.co/	Email:	luz.arrigui@correounivalle.edu.co

Tipo Cubrimiento:	Nacional
Tipo Entidad Proponente:	b) Las entidades que han sido reconocidas, por otros entes del Gobierno Nacional y cuyo reconocimiento ha sido homologado previamente por COLCIENCIAS para fines de ciencia, tecnología e innovación
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes?	Si

Representante Legal		
Nombre:	GUILLERMO MURILLO VARGAS	
Tipo Identificación:	CEDULA DE CIUDADANIA	Numero Identificación: 16.724.311

Primer Contacto		
Nombre:	LUZ PIEDAD ARRIGUI	Cargo: PROFESIONAL, VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES
Teléfono Contacto:	3212100 EXT. 2716	Email: conv.externas.vri@correounivalle.edu.co

Clasificación		
Sector:	EDUCATIVO	
Dirección:	Calle 13 # 100-00	Teléfono: 2-3212100 ext. 2716-3250
Tipo Entidad:	UNIVERSIDAD PUBLICA	Tipo Empresa:
Naturaleza Juridica:	ENTIDAD ESTATAL	Tamaño: GRANDE

Información Adicional		
Exporta:	No	Matrícula Cámara:
Fecha Constitución:		Activo total último año: \$0

COLTURBINAS LIMITADA

Tipo Postulante:	Persona Jurídica	Tipo Documento:	NIT
Identificación / Nit:	800068036	Digito de Verificación:	1
Ciudad:	BARRANQUILLA		
Dirección:	KM. 5 VIA JUAN MINA	Fax:	
Página Web:	WWW.COLTURBINAS.COM	Email:	rhumanos@colturbinas.com
Tipo Cubrimiento:	Nacional		
Tipo Entidad Proponente:	b. Las que hayan realizado actividades de ciencia, tecnología e innovación y que, sin contar con un reconocimiento previo por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, cumplan con los criterios de idoneidad y trayectoria que se establezcan en los términos de referencia y en los criterios de evaluación de cada convocatoria.		
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes?	No		

Representante Legal		
Nombre:	JAIRO SILVA CASTRO	
Tipo Identificación:	CEDULA DE CIUDADANIA	Numero Identificación: 17622647

Primer Contacto		
Nombre:	JAIRO SILVA CASTRO	Cargo: INGENIERO MECANICO
Teléfono Contacto:	3205704598	Email: gerente@colturbinas.com

Clasificación

Sector:	OTRO	Teléfono:	+573145426327
Dirección:	KM. 5 VIA JUAN MINA	Tipo Empresa:	LIMITADA
Tipo Entidad:	ALIANZA ESTRATÉGICA	Tamaño:	PEQUEÑA
Naturaleza Jurídica:	REGIMEN COMUN		

Información Adicional

Exporta:	No	Matrícula Cámara:	123120
Fecha Constitución:	1989-06-12	Activo total último año:	\$0

DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Tipo Postulante:	Persona Jurídica	Tipo Documento:	NIT
Identificación / Nit:	800103923	Digito de Verificación:	8
Ciudad:	PASTO	Fax:	
Dirección:	Calle 19 No. 23-78 Centro	Email:	silviamaguana@narino.gov.co
Página Web:	narino.gov.co		
Tipo Cubrimiento:	Nacional		
Tipo Entidad Proponente:	a. Las que cuenten con reconocimiento vigente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, como actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – SNCTI.		
¿Va a aplicar a la convocatoria de Patentes?	Si		

Representante Legal

Nombre:	Jhon Alexander Rojas Cabrera		
Tipo Identificación:	CEDULA DE CIUDADANIA	Numero Identificación:	98383107

Primer Contacto

Nombre:	Fernando Latorre Calvache	Cargo:	SECRETARIO DE PLANEACIÓN
Teléfono Contacto:	3176464001	Email:	fernandolatorre@narino.gov.co

Clasificación

Sector:	PÚBLICO	Teléfono:	7235003
Dirección:	Calle 19 No. 23-78 Centro	Tipo Empresa:	
Tipo Entidad:	ENTIDADES GUBERNAMENTALES	Tamaño:	MEDIANA
Naturaleza Jurídica:	ENTIDAD ESTATAL		

Información Adicional

Exporta:	No	Matrícula Cámara:	
Fecha Constitución:		Activo total último año:	

Descripciones

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Desarrollo de la industria del Hidrógeno verde integrada con fuentes de energía mareomotriz para el Pacífico colombiano en los departamentos del Valle del Cauca, Nariño

ASPA A LA QUE PERTENECE LA ENTIDAD PROPONENTE

IES - Universidad del Valle

ASPAS A LAS QUE PERTENECEN LAS ENTIDADES ALIADAS

- ¿ Nombre de la entidad aliada No. 1: Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín.
 - ¿ Aspa a la que pertenece la entidad: **IES**.
 - ¿ Nombre de la entidad aliada No. 2: Fundación Universidad de América.
 - ¿ Aspa a la que pertenece la entidad: **IES**.
 - ¿ Nombre de la entidad aliada No. 3: Gobernación de Nariño
 - ¿ Aspa a la que pertenece la entidad: **Estado**.
 - ¿ Nombre de la entidad aliada No. 4: Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE)
 - ¿ Aspa a la que pertenece la entidad: **Estado**.
 - ¿ Nombre de la entidad aliada No. 5: Conservamos SAS
 - ¿ Aspa a la que pertenece la entidad: **Empresa**.
 - ¿ Nombre de la entidad aliada No. 6: Colturbinas Limitada.
 - ¿ Aspa a la que pertenece la entidad: **Empresa**.
 - ¿ Nombre de la entidad aliada No. 7: Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (Departamento de Nariño).
 - ¿ Aspa a la que pertenece la entidad: **Sociedad Civil Organizada**.
 - ¿ Nombre de la entidad aliada No. 8 Consejo comunitario del Rio Naya (Departamento del Valle del Cauca)
 - ¿ Aspa a la que pertenece la entidad: **Sociedad Civil Organizada**.
-

MUNICIPIO(S)

no aplica

CENTRO POBLADO

El Chamuscado, Valle del Cauca

Congal, Nariño

RESGUARDO

no aplica

ATENCIÓN A LAS DEMANDAS TERRITORIALES

Nariño: Fomentar el conocimiento, uso y acceso de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables a partir de la implementación de proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación en el departamento de Nariño a través de al menos tres (3) proyectos de CTel en los próximos 5 años.

Nariño: Implementar estrategias que permitan la investigación, innovación, apropiación social del conocimiento para el uso, y aplicación de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables a partir de al menos un (1) proyecto de Ciencia, Tecnología e Innovación que involucren al menos el 20% de los municipios del departamento de Nariño en 5 años.

Valle del Cauca: Incrementar en las estrategias para la generación de nuevos conocimientos, sobre energías renovables (biomasa, solar, eólica, PCH, energía de los mares, hidrógeno verde, entre otras), transferencia y apropiación de conocimiento en el Valle del Cauca en el periodo 2023- 2030, a través de al menos 1 proyecto de CTel.

Valle del Cauca: Fomentar el desarrollo e implementación de tecnologías para la generación, uso y almacenamiento de energía a partir de fuentes no convencionales en el departamento del Valle del Cauca en el periodo 2023- 2030 a través de al menos un (1) proyecto de CTel.

LÍNEAS TEMÁTICAS

Líneas temáticas: Nuevas tecnologías emergentes. Sub línea: Desarrollo y aplicaciones de Tecnologías para la generación de Hidrógeno verde y azul, optimizando la producción, almacenamiento y regulación para transporte e industria.

2. RESUMEN EJECUTIVO

Esta propuesta representa la primera apuesta tecnológica nacional para diseñar, construir y operar dos pilotos de producción de hidrógeno verde (HVM) en el Pacífico (Valle del Cauca y Nariño). El modelo integra energía mareomotriz y desalinización de agua de mar, transformando los subproductos en recursos de alto valor. Al finalizar el proyecto, los módulos de generación eléctrica de las plantas HVM se donarán a las comunidades junto a un plan de sostenibilidad, efectuando así un impacto positivo inmediato sobre los beneficiarios.

El proyecto se articula en tres ejes estratégicos que consolidarán una Hoja de Ruta Técnica para el futuro del Hidrógeno Verde Mareomotriz (HVM) en Colombia:

1. Identificación y Captación: Generación de conocimiento para localizar zonas de alto potencial energético y sistemas eficientes de captación de agua.
1. Generación y Producción: Desarrollo de tecnologías en turbinas de corrientes marinas, desalinización de agua, aprovechamiento de salmuera y sistemas de producción de hidrógeno.
1. Sostenibilidad y Agroindustria: Creación de una estrategia de Apropiación Social del Conocimiento (ASC) y modelos financieros para garantizar una transición energética justa.

Esta iniciativa posiciona al Pacífico como un actor clave en la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia. Su alcance va más allá de la diversificación de la matriz energética: representa el nacimiento de una industria local que transformará los indicadores ambientales, sociales y económicos. Al enfocarse en municipios PDET y zonas ZOMAC, el proyecto actúa como un motor de desarrollo y orden público, convirtiendo la innovación tecnológica en una herramienta de paz y estabilidad para los territorios más afectados por el conflicto.

¿Qué es una planta HVM?, a continuación, se presenta una explicación general de las plantas propuestas.

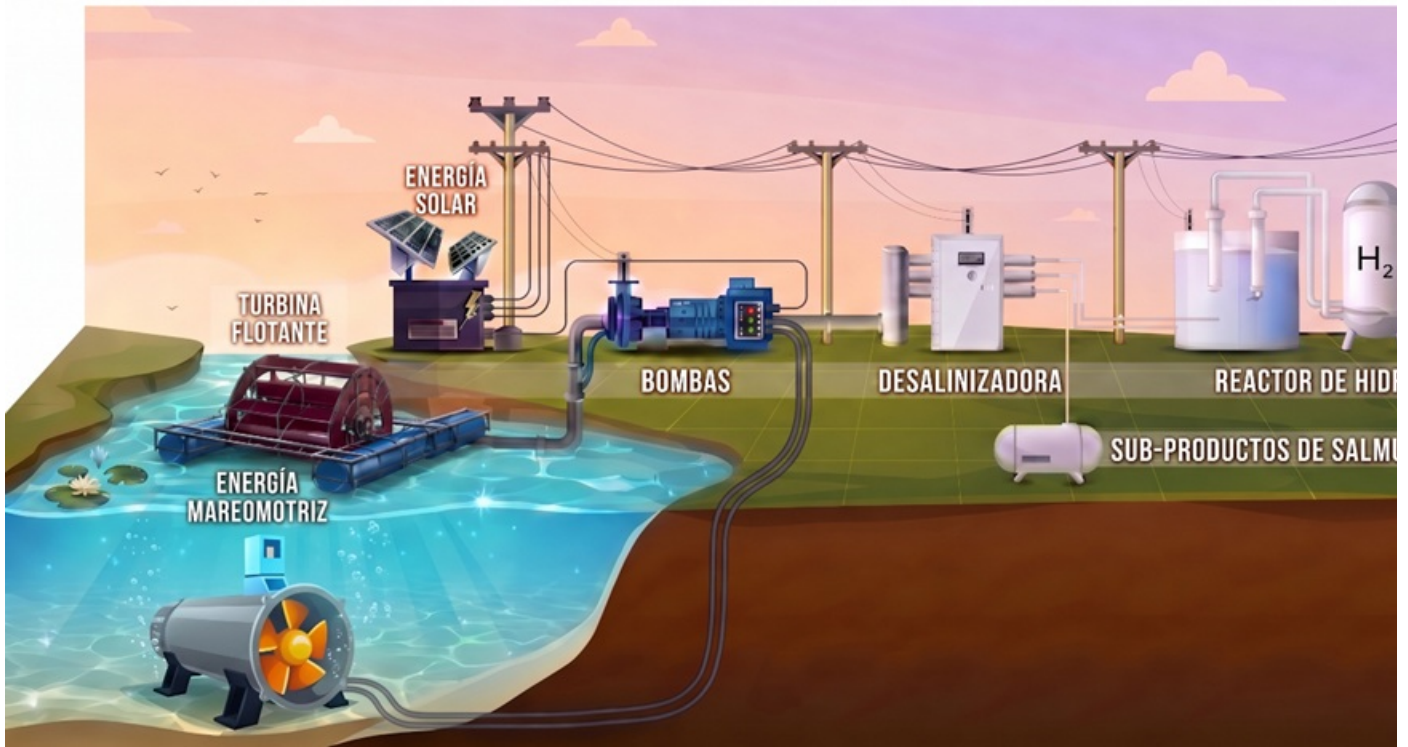


Figura 1. Esquema de una planta de producción de Hidrógeno Verde Mareomotriz (HVM) diseñada por los autores de la presente propuesta.

Una planta de HVM está compuesta por:

1. Sistema de generación eléctrica: turbinas de corriente mareomotrices + paneles solares de respaldo.
2. Sistema de desalinización de agua marina y salobre: bombas + desalinizadora.
3. Sistema de aprovechamiento de salmuera: planta de subproductos.
4. Sistema de producción de Hidrógeno: reactor electrolítico de Hidrógeno.

Según la Figura 1 la planta de energía híbrida (mareomotriz + solar) proporcionaría electricidad al sistema de bombeo que conduce agua marina o salobre a la planta desalinizadora la cual remueve las sales y contaminantes. Seguido, el agua tratada se conduce a los reactores para la producción del gas Hidrógeno. Los residuos o subproductos (sales) de la planta desalinizadora se aprovecharían para la producción de compuestos químicos requeridos en la industria de desinfección y limpieza. El oxígeno resultante del reactor de Hidrógeno se empleará en diversos procesos químicos que se dan en la industria como de insumo para el sector de la Salud.

En la siguiente figura se presentan las tecnologías que integrarán las plantas HVM.

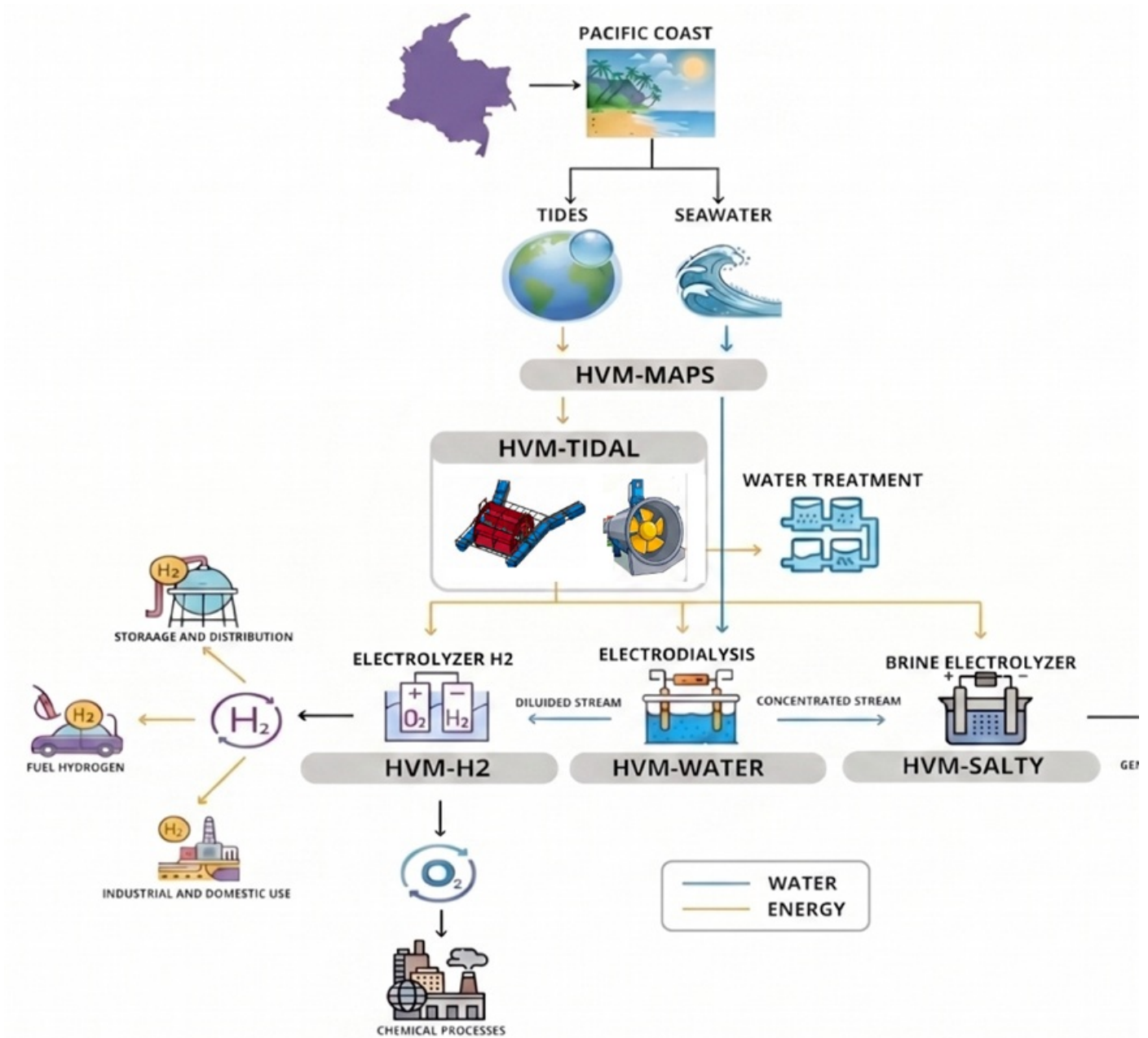


Figura 2. Estructura una planta de Hidrógeno verde mareomotriz (HVM): Producción de gas Hidrógeno mediante procesos electrolíticos, soportados con energía mareomotriz

Al observar de arriba abajo la Figura 2, se observa el flujo de agua y energía al largo de los sistemas de localización de zonas potenciales para localización de plantas HVM (HVM-MAPS), generación eléctrica (HVM-Tidal), tratamiento de agua (HVM-WATER), producción de Hidrógeno (HVM-H2) y aprovechamiento de salmuera (HVM-SALTY). A continuación, se explican de manera general cada sistema.

HVM_MAPS: En este sistema se desarrollará un aplicativo (geovisor) y geodatabase con información hidrológica, oceanográfica, geográfica, hidrográfica, económica, ambiental y social. La información estará representada en imágenes, mapas y bases de datos que indicarán zonas estratégicas para la ubicación de las plantas HVM. La herramienta será desarrollada en software de acceso abierto como QGIS y Python. La tecnología inicia en TRL 1 y termina en TRL9.

HVM_TIDAL: Sistema de generación eléctrica está compuesto por turbinas de corriente de marea, y respaldado con un sistema solar fotovoltaico para eventos de interrupción del sistema. Se emplearán dos tipos de turbina mareomotriz. La primera será la turbina de eje horizontal de flujo transversal desarrollada por la empresa Colturbinas Limitada, la cual se encuentra en TRL5 y llegará a TRL7. La segunda turbina será una de tipo helicoidal conocida como IMPETUS-Hernandez desarrollada por la Universidad del Valle y se encuentra en nivel intermedio de desarrollo tecnológico TRL4 y terminará en TRL 6.

HVM-WATER: Sistema de desalinización de agua de mar y salobre a partir electrodiálisis a escala piloto emplea membranas poliméricas de intercambio iónico desarrolladas por investigadores de la Universidad del Valle. La tecnología se desarrolla por la Universidad del Valle y se encuentra en TRL 2 y terminará en TRL 4.

HVM-SALTY. Sistema aprovechamiento de salmuera y producción de hipoclorito de sodio. Compuesto por electrodos de grafito dentro de una estructura de polipropileno al interior de un tanque de salmuera, y que estos elementos al ser energizados realizan el proceso de electrólisis en el fluido. La tecnología se desarrolla por la Fundación Universidad de América y se encuentra en TRL4 y terminará en TRL6.

HVM-H2: Sistema de producción de Hidrógeno verde, se integra por un reactor electroquímico, compuesto por electrodos anódicos y catódicos. El sistema incluye lámparas de radiación UV que iluminan los electrodos anódicos y catódicos, así como una membrana de intercambio iónico que separa los electrodos anódicos de los catódicos. La tecnología se desarrolla por la Universidad del Valle y se encuentra en TRL4 y terminará en TRL6.

1.1. Impactos de los productos y resultados de CTel en las capacidades de la región y potencial de transferencia y escalabilidad en otros contextos en el territorio colombiano.

El fortalecimiento de las capacidades de CTel en el Pacífico se fundamenta en una red de aprendizaje técnico y de gobernanza entre los departamentos de Nariño y Valle del Cauca. La integración de los resultados obtenidos en los pilotos del Valle con la información recolectada en los Consejos Comunitarios de Bajo Mira y Frontera (Nariño), el Río Naya (Valle), permitirá consolidar alianzas estratégicas para nuevos desarrollos industriales. Este ecosistema de colaboración no solo dinamiza el empleo especializado en sectores productivos locales, sino que garantiza que la infraestructura tecnológica esté respaldada por modelos de gestión comunitaria sólidos y replicables.

La escalabilidad del proyecto trasciende las zonas de estudio iniciales. Se evidencia un alto potencial de transferencia hacia otros contextos de Zonas No Interconectadas (ZNI), con especial énfasis en municipios como Timbiquí y Guapi en el Cauca, así como en otras regiones del litoral colombiano con características oceanográficas similares. La participación activa de aliados estratégicos como la Gobernación de Nariño y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) asegura que los resultados se materialicen en metodologías de Apropiación Social del Conocimiento (ASC) y lineamientos técnico-económicos de alcance nacional. Estos productos servirán como la base normativa y técnica para la implementación de futuras plantas de Hidrógeno Verde Mareomotriz (HVM) en todo el territorio nacional.

La ejecución del proyecto impactará de manera directa e indirecta con productos y resultados de CTel en el 100% de los departamentos del Pacífico colombiano.

4. ALINEACIÓN CON LA POLÍTICA PÚBLICA

1. Compromiso Internacional: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La propuesta impacta directamente en tres pilares de la Agenda 2030:

ODS 7 (Energía asequible y no contaminante): Busca garantizar el acceso universal y aumentar la proporción de energías renovables mediante la cooperación tecnológica.

ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura): Promueve la modernización industrial y la investigación científica para crear infraestructuras resilientes.

ODS 13 (Acción por el clima): Fortalece la resiliencia ante desastres naturales y mejora la educación institucional sobre mitigación climática.

2. Alineación con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022 – 2026

Bajo la consigna "Colombia, potencia mundial de la vida", el proyecto se integra en:

Transformación Productiva y Acción Climática: Se alinea con la meta de una "Transición Energética Justa", impulsando las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

Ordenamiento del Territorio alrededor del Agua: El uso del ciclo del agua para la generación de energía y la reducción del estrés hídrico es un catalizador central.

Educación e Investigación: Fomenta la generación de conocimiento en las universidades para la creación de plantas de hidrógeno verde mareomotriz (HVM).

3. Marco Normativo y Estrategias de Descarbonización

El proyecto responde a leyes y planes específicos que buscan la Carbono Neutralidad para 2050:

Ley de Acción Climática (Ley 2169): Contribuye a la meta de reducción del 51% de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) para 2030.

Ley de Transición Energética (Ley 2099): Impulsa el uso del hidrógeno verde y la eficiencia energética como motores de reindustrialización.

Plan Nacional de Hidrógeno Verde (2021): Actúa como base técnica para descarbonizar la industria mediante energías marinas.

Apropiación Social del Conocimiento (ASC): Integra a las comunidades en la gobernanza energética y formación en nuevas tecnologías.

4. Contexto Regional: Valle del Cauca

El departamento se proyecta como el hub principal de hidrógeno verde en el país.

Plan de Desarrollo 2024-2027: Implementa la "Ruta de la Descarbonización", con inversiones proyectadas superiores a los 132 mil millones de pesos en gestión climática.

Soberanía Energética: El proyecto fortalece la competitividad en zonas rurales interconectadas y áreas críticas del Pacífico.

Objetivos de desarrollo sostenible

A continuación, se presentan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se alinean con la propuesta:

Tabla 2 . Objetivos de desarrollo sostenible del plan nacional de desarrollo:

ODS	Descripción
<p>ODS 7: Energía asequible y no contaminante</p>	<p>Objetivo: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna</p> <p>Metas asociadas</p> <p>7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos</p> <p>7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas</p> <p>7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética</p> <p>7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias</p> <p>7.b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.</p>
<p>ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructuras</p>	<p>Objetivo: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación</p> <p>Metas asociadas</p> <p>9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas</p> <p>9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.</p>
<p>ODS 13: Acción por el clima Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos</p>	<p>Objetivo: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.</p> <p>Metas asociadas</p> <p>13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.</p> <p>13.3 Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.</p>

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO

Plan Nacional de desarrollo

Política pública Nacional	Articulación con el proyecto
<p>Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022 – 2026</p> <p>“Colombia, potencia mundial de la vida”</p> <p>Estrategia transversal:</p> <p>Transformación: 4. Transformación Productiva, internacionalización y acción climática.</p> <p>Pilar: 04. Economía productiva a través de la reindustrialización y la bioeconomía.</p> <p>Catalizador: Reindustrialización en actividades conducentes a la sociedad del conocimiento.</p> <p>Programa: Fomento a vocaciones y formación, generación, uso y apropiación social del conocimiento de la ciencia, tecnología e innovación.</p> <p>Estrategia transversal: Los actores diferenciales para el cambio</p> <p>Transformación: Ordenamiento del territorio alrededor del agua</p> <p>Pilar: 2. El agua, la biodiversidad y las personas, en el centro del ordenamiento territorial</p> <p>Catalizador: A. Ciclo del agua como base del ordenamiento territorial</p> <p>Programa: Disponibilidad, a través de estrategias para la reducción de la contaminación y el estrés hídrico, para el uso eficiente y para prevenir los problemas de desabastecimiento por accesibilidad o por efectos de la variabilidad climática.</p>	<p>El proyecto se articula con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) al contribuir directamente con los objetivos, sobre educación, investigación científica, protección del medio ambiente y fortalecimiento de la competitividad.</p> <p>Educación: La implementación del proyecto permitirá a las universidades de la alianza generar nuevo conocimiento en el desarrollo de plantas de generación de Hidrógeno verde a partir de energía mareomotriz (HVM)</p> <p>..</p> <p>Investigación científica: El proyecto presenta una formulación que impactará de manera directa en la generación de conocimientos con potenciales aportes frente a la lucha contra el cambio climático. Además, contribuye con la generación de respuestas frente a la urgencia de la transición energética. Este enfoque se alinea con la Parte general 4, titulada “Transformación productiva, internacionalización y acción climática”, el catalizador C, titulado “Transición energética justa, segura, confiable y eficiente”, y específicamente con el numeral 1, que aborda la “transición energética justa, basada en el respeto a la naturaleza, la justicia social y la soberanía con seguridad, confiabilidad y eficiencia”, literal (a) “Generación de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)”.</p> <p>Protección del medio ambiente: el fortalecimiento de la infraestructura de los laboratorios en las universidades para la generación de nuevo conocimiento en el contexto del proyecto se alinea con la meta de proteger y conservar el medio ambiente, portando a la educación orientada a la toma de decisiones fundamentadas y la implementación de medidas suficientes para mitigar impactos ambientales los diferentes territorios, promoviendo la sostenibilidad en los sectores productivos. Según las directrices del PND, Colombia busca consolidarse como una región más resistente a las variaciones climáticas, garantizando el acceso a las oportunidades que ello conlleva.</p> <p>Fortalecimiento de la competitividad: la propuesta se enmarca en la política orientada por misiones, específicamente en la misión <i>Energía sostenible, eficiente y asequible</i>. Se alinea con el objetivo de garantizar el acceso y uso de energías seguras y sostenibles para todos los colombianos mediante el desarrollo, adopción y adaptación de tecnologías para la transición energética. La investigación de procesos químicos y electroquímicos permitirá el aprovechamiento de aguas residuales, marinas y de lixiviados para la generación de energía, incrementando así la competitividad en regiones como Caquetá, Boyacá y Quindío.</p>
<p>Política pública de apropiación social del conocimiento (ASC)</p> <p>Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación, Viceministerio De Talento Y Apropiación Social Del Conocimiento Dirección De Capacidades Y Divulgación De La Ctel. Marzo de 2021</p>	<p>Este proyecto se alinea con la política pública de ASC a través del desarrollo de sus cinco líneas estratégicas de acción: 1) Procesos de ASC, 2) Espacios para la gestión de la ASC, 3) Capacidades para la ASC, 4) Investigación con enfoque de ASC y, 5) Gestión para la descentralización de la ASC; mediante la realización de núcleos de formación continuada para las comunidades en los siguientes temas: contexto internacional de la transición, oportunidades en el contexto nacional como las comunidades energéticas, conceptos básicos y tipos de FNCER, apropiación social de conocimiento en nuevas tecnologías de generación eléctrica y sistemas de autogeneración, gobernanza energética y mecanismos de toma de decisiones, análisis de barreras de acceso, dimensionamiento y tipos sistemas, monitoreo, riesgos y mantenimientos, finanzas y administración de sistemas energéticos.</p>

PLAN DEPARTAMENTAL DE DESARROLLO

Tabla 5. Alineaciones políticas públicas Valle del Cauca

Valle del Cauca	
Bases del plan de desarrollo del Valle del Cauca 2024-2027	<p>En la Línea estratégica 3, tienen como objetivo articulado a los Objetivos De Desarrollo Sostenible (ODS) el objetivo 7 del plan nacional de desarrollo “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.”</p> <p>Y tienen como meta:</p> <p>7.1. Acceso universal a la energía moderna. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos</p> <p>La propuesta va orientada a Estudios de pre-inversión y Servicio de apoyo financiero para la financiación de infraestructura de energía eléctrica en las zonas rurales interconectadas. El programa asociado la meta propuesta se llama “Ruta de la Descarbonización”</p> <p>Mencionando que “el Valle del Cauca es el hub con el mayor potencial de desarrollar la industria de hidrógeno verde del país.”</p> <p>Su meta de resultado es:</p> <p>Invertir hasta \$132.410.464.073 pesos en acciones de Gestión Integral de Cambio Climático y Resiliencia en ruta a la descarbonización</p>

Tabla 6. Alineaciones políticas públicas Nariño

Valle del Cauca	

<p>Bases del plan de desarrollo de Nariño 2024-2027</p>	<p>En la Línea estratégica 4, tienen como objetivo articulado a los Objetivos De Desarrollo Sostenible (ODS) el objetivo 7 del plan nacional de desarrollo “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.”</p> <p>Y tienen como meta:</p> <p>7.1. Acceso universal a servicios energéticos modernos (orientado a la mejora del servicio eléctrico en zonas rurales y no interconectadas).</p> <p>La propuesta va orientada al fomento de la asociatividad comunitaria para la creación de comunidades energéticas, la integración de la economía popular y solidaria en la generación y distribución de energía, y la sustitución de economías ilegales por proyectos productivos sostenibles, especialmente en la Costa Pacífica. El programa asociado se llama “Comunidades Energéticas” y Consolidación de la Matriz Energética.</p> <p>Mencionando que Nariño busca consolidarse como la primera “Región de Paz” a través de la soberanía energética de las zonas rurales.</p> <p>Su meta de resultado incluye:</p> <p>Beneficiar a 145.000 nuevos usuarios y fomentar la creación de hasta 20.000 comunidades energéticas.</p>
---	--

ESTRATEGIA DEL PLAN DE DESARROLLO DEPARTAMENTAL

Estrategia del plan de desarrollo del Valle del Cauca:

Línea Estratégica	Enfoque Principal
I. Valle, territorio competitivo e innovador	Impulso al desarrollo económico, exportaciones, infraestructura logística (Tren de Cercanías y Tren del Pacífico) y gobernanza de Ciencia y Tecnología.
II. Valle, territorio social y equitativo	Reducción de brechas socioeconómicas, fortalecimiento de la salud pública y mejora de la calidad educativa en municipios no certificados.

Línea Estratégica	Enfoque Principal
III. Valle, biodiverso, cultural e incluyente	Fomento del turismo sustentable, el deporte y la Ruta de la Descarbonización (transición energética y sostenibilidad ambiental).
IV. Valle, territorio de vida	Seguridad ciudadana, justicia, gestión del territorio y modernización de la administración pública para un gobierno transparente.

Estrategia del plan de desarrollo de Nariño:

Eje de Transformación	Propósito Estratégico
Educación para el cambio	La educación como motor de movilidad social y eje central para activar las economías regionales.
Economías para la vida	Construcción de un modelo económico alternativo que integra la economía solidaria, comunitaria y privada para superar la exclusión.
Paz Total con Inclusión Social	Reducción de desigualdades en las 13 subregiones y sustitución de economías ilegales por proyectos productivos de vida.
Sostenibilidad y Ordenamiento	Gestión de conflictos socioambientales, protección del recurso hídrico y consolidación de la soberanía energética comunitaria.

PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO

no aplica

ESTRATEGIA DEL PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL

no aplica

PROGRAMA DEL PLAN DE DESARROLLO DEPARTAMENTAL

Programas de los planes de desarrollo departamental:

Departamento	Programa Principal	Objetivo del Programa
Valle del Cauca	Ruta de la Descarbonización	Orientado a estudios de pre-inversión y apoyo financiero para infraestructura eléctrica en zonas rurales.
Nariño	Comunidades Energéticas y Consolidación de la Matriz Energética	Fomentar la asociatividad comunitaria para la generación y distribución de energía, promoviendo la soberanía energética.

Personal

Tipo Personal

Tipo Personal	Cantidad
COORDINACIÓN ADMINISTRATIVA DEL PROYECTO	1
COORDINACIÓN TÉCNICA Y/O CIENTÍFICA DEL PROYECTO	1
COORDINADOR GENERAL DEL PROYECTO	1
ESTUDIANTE DE DOCTORADO	4
ESTUDIANTE DE MAESTRÍA	4
INVESTIGADOR PRINCIPAL	1
JOVEN INVESTIGADOR - PROFESIONAL RECIÉN GRADUADO	8
COINVESTIGADOR	30
COORDINACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	1
JOVEN INVESTIGADOR - ESTUDIANTE DE PREGRADO	11
PERFIL ENERGÉTICO	4
PERSONAL DE APOYO	8

Personal

Entidad:	CONSEJO COMUNITARIO DE LA COMUNIDAD NEGRA DEL RIO NAYA		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	16947844
Nombres:	Jose		
Primer Apellido:	Cresencio	Segundo Apellido:	Angulo
Fecha de Nacimiento:	1975-05-23	País:	Colombia
Email:	consejocomunitariorionaya@yahoo.es		
Género:	Masculino	Categoría:	

Población Víctima del Conflicto Armado:		Población en Situación de Discapacidad:	
Grupo Étnico:		Grupo Etario:	
¿Registrado en CvLAC?:	No	Documento Adjunto Hoja de Vida:	Hv Cresecencio.pdf
Función en el Proyecto:	Acompañar al proyecto en la transferencia tecnológica y la ASC de los resultados del proyecto en la comunidad a la que representa		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	88143473
Nombres:	Fiderman		
Primer Apellido:	Machuca	Segundo Apellido:	Martínez
Fecha de Nacimiento:	1969-12-04	País:	Colombia
Email:	fiderman.machuca@correounivalle.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Sénior
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Lider producción de Hidrógeno. Dirigirá el desarrollo de actividades relacionadas con las tecnologías de producción de Hidrógeno verde		
Duración Horas Semanales:	5	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	52962899
Nombres:	Adriana Katerine		
Primer Apellido:	Niño	Segundo Apellido:	Vargas
Fecha de Nacimiento:	1983-01-24	País:	Colombia
Email:	adriana.nino@correounivalle.edu.co		
Género:	Femenino	Categoría:	Integrante Vinculado con Doctorado
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)

¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Lider Desalinización. Dirigirá las actividades relacionadas con el desarrollo de las tecnologías de tratamiento de aguas y desalinización.		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	DEPARTAMENTO DE NARIÑO		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	1085245429
Nombres:	Diego Mauricio		
Primer Apellido:	Diaz	Segundo Apellido:	Velasquez
Fecha de Nacimiento:	1985-12-18	País:	Colombia
Email:	diego.diaz@sanmartin.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico		
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Asesorar en la dirección estratégica, articulación institucional, gobernanza y sostenibilidad territorial		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	24

Entidad:	UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	16836115
Nombres:	Guillermo Andrés		
Primer Apellido:	Jaramillo	Segundo Apellido:	Pizarro
Fecha de Nacimiento:	1977-02-04	País:	Colombia
Email:	impetus@correounivalle.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Asociado
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico		
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Lider turbomaquinaria: Dirige la fase del diseño, evaluación y pruebas de concepto de los modelos físicos de las máquinas hidráulicas que se usarán para escalamiento y alimentación energética de la planta piloto de hidrógeno y verificará la construcción del conjunto turbina-generator que se instalará en las zonas de estudio.		

Duración Horas Semanales:	10	Número de Meses:	36
----------------------------------	----	-------------------------	----

Entidad:	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	55182563
Nombres:	Diana Marcela		
Primer Apellido:	Cuesta	Segundo Apellido:	Parra
Fecha de Nacimiento:	1981-05-11	País:	Colombia
Email:	diana.cuesta@profesores.uamerica.edu.co		
Género:	Femenino	Categoría:	Investigador Asociado
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Lider aprovechamiento de salmuera. Apoyo logístico en todas las actividades realizadas por la universidad de América Asesoría técnica especializada en el aprovechamiento de residuos de acondicionamiento de agua para producción de hidrógeno, Desarrollo de prototipo para producción de hipoclorito		
Duración Horas Semanales:	8	Número de Meses:	36

Entidad:	CONSERVAMOS SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	67018143
Nombres:	Yazmin		
Primer Apellido:	Rojas	Segundo Apellido:	Lenis
Fecha de Nacimiento:	1977-05-08	País:	Colombia
Email:			
Género:	Femenino	Categoría:	
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Población negra / Afrocolombiano /Afrodesciente	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Lider apropiación social del conocimiento. Coordinar y apoyar el proceso de fortalecimiento de capacidades y construcción colectiva que les permita a las comunidades ser socias de los sistemas energéticos que operarían en sus territorios y beneficiando prioritariamente sus sistemas productivos		
Duración Horas Semanales:	10	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	16691033
Nombres:	Enrique Javier		
Primer Apellido:	Peña	Segundo Apellido:	Salamanca
Fecha de Nacimiento:	1964-10-21	País:	Colombia
Email:	enrique.pena@correounivalle.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Sénior
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Persona Mayor (60 años o mas)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Biólogo con experiencia en trabajo de investigación en Oceanografía, variabilidad climática y procesos oceanográficos. Apoyará la toma de muestras e información oceanográfica y biológica		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	94491339
Nombres:	Andrés Fernando		
Primer Apellido:	Osorio	Segundo Apellido:	Arias
Fecha de Nacimiento:	1976-11-02	País:	Colombia
Email:	afosorioar@unal.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Sénior
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Doctor en Ingeniería quien efectuará asesoría modelaciones hidrodinámicas y ambientales		
Duración Horas Semanales:	4	Número de Meses:	36

Entidad:	INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS - IPSE		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	72195351
Nombres:	JAIRO ALBERTO		

Primer Apellido:	VALENCIA	Segundo Apellido:	LLANOS
Fecha de Nacimiento:	1973-10-16	País:	Colombia
Email:	jairovalencia@ipse.gov.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Integrante Vinculado con Pregrado
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adulthood (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Asesor en Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas		
Duración Horas Semanales:	1	Número de Meses:	36

Entidad:	DEPARTAMENTO DE NARIÑO		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	1089479512
Nombres:	Andrés Felipe		
Primer Apellido:	Cerón	Segundo Apellido:	Cárdenas
Fecha de Nacimiento:	1987-08-31	País:	Colombia
Email:	aceron6@udenar.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adulthood (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Asosorar en el liderazgo técnico, implementación agroindustrial, optimización de procesos y adaptación tecnológica		
Duración Horas Semanales:	1	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	87944730
Nombres:	Ricardo Enrique		
Primer Apellido:	Palma	Segundo Apellido:	Goyes
Fecha de Nacimiento:	1983-06-27	País:	Colombia
Email:	ricardo.palma@correounivalle.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Junior

Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Soporte técnico especializado en el desarrollo ánodos y cátodos requeridos en los procesos electroquímicos		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	91260109
Nombres:	RUBEN JESUS		
Primer Apellido:	CAMARGO	Segundo Apellido:	AMADO
Fecha de Nacimiento:	1968-09-13	País:	Colombia
Email:	ruben.camargo@correounivalle.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Sénior
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Soporte técnico especializado en el desarrollo de materiales porosos requeridos en los procesos de tratamiento de agua y producción de hidrógeno verde		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	16679256
Nombres:	Jose Luis		
Primer Apellido:	García	Segundo Apellido:	Vélez
Fecha de Nacimiento:	1962-12-17	País:	Colombia
Email:	jose.l.garcia@correounivalle.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Integrante Vinculado con Maestría o Especialización Médica
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Persona Mayor (60 años o mas)

¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Ingeniero hidráulico. Coordinará las salidas a campo de medición de variables oceanográficas y de calidad de aguas		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	COLTURBINAS LIMITADA		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	72196666
Nombres:	Jairo Enrique		
Primer Apellido:	Silva	Segundo Apellido:	Rodriguez
Fecha de Nacimiento:	1973-09-22	País:	Colombia
Email:	gtecnico@colturbinas.com		
Género:	Masculino	Categoría:	
Población Víctima del Conflicto Armado:		Población en Situación de Discapacidad:	
Grupo Étnico:		Grupo Etario:	
¿Registrado en CvLAC?:	No	Documento Adjunto Hoja de Vida:	CV.pdf
Función en el Proyecto:	Dirige la construcción del prototipo de la turbina de corriente y del conjunto turbina-generador que alimentará la planta de hidrógeno en Buenaventura.		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	71772175
Nombres:	Santiago		
Primer Apellido:	Arango	Segundo Apellido:	Aramburo
Fecha de Nacimiento:	1975-05-04	País:	Colombia
Email:	saarango@unal.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Sénior
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Asesor en dinámica de sistemas en mercados energéticos. Doctor en dinámica de sistemas quien analizará técnicamente la integración de la producción de Hidrógeno verde mareomotriz al mercado energético colombiano		

Duración Horas Semanales: 2 **Número de Meses:** 36

Entidad: UNIVERSIDAD DEL VALLE
Vinculación Proyecto: COINVESTIGADOR
Tipo Documento: CEDULA DE CIUDADANIA **Número Documento:** 98667004
Nombres: Daniel
Primer Apellido: Gómez **Segundo Apellido:** Pizano
Fecha de Nacimiento: 1978-12-31 **País:** Colombia
Email: dgomezp@univalle.edu.co
Género: Masculino **Categoría:** Investigador Asociado
Población Víctima del Conflicto Armado: No **Población en Situación de Discapacidad:** Ninguna
Grupo Étnico: Ningún grupo étnico **Grupo Etario:** Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?: Si **Documento Adjunto Hoja de Vida:** N/A

Función en el Proyecto: Investigador dinámica estructural. Evaluar el impacto de la tecnología en las obras civiles de la comunidad

Duración Horas Semanales: 2 **Número de Meses:** 36

Entidad: UNIVERSIDAD DEL VALLE
Vinculación Proyecto: COINVESTIGADOR
Tipo Documento: CEDULA DE CIUDADANIA **Número Documento:** 94457613
Nombres: Andrés Fernando
Primer Apellido: Echeverri **Segundo Apellido:** Sánchez
Fecha de Nacimiento: 1976-06-12 **País:** Colombia
Email: andres.echeverri@correounivalle.edu.co
Género: Masculino **Categoría:** Investigador Sénior
Población Víctima del Conflicto Armado: No **Población en Situación de Discapacidad:** Ninguna
Grupo Étnico: Ningún grupo étnico **Grupo Etario:** Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?: Si **Documento Adjunto Hoja de Vida:** N/A

Función en el Proyecto: Doctor en ingeniería encargado de asesorar en la construcción del modelo de sostenibilidad a través de actividades productivas

Duración Horas Semanales: 2 **Número de Meses:** 36

Entidad: UNIVERSIDAD DEL VALLE

Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	94364537
Nombres:	Pablo César		
Primer Apellido:	Manyoma	Segundo Apellido:	Velásquez
Fecha de Nacimiento:	1971-02-14	País:	Colombia
Email:	pablo.manyoma@correounivalle.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Sénior
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Población negra / Afrocolombiano /Afrodesciente	Grupo Etario:	Adultez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Doctor en Ingeniería quien efectuará supervisión y control de las actividades relacionadas con la evaluación técnica y económica de la industria HVM		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA		
Vinculación Proyecto:	COINVESTIGADOR		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	87946354
Nombres:	Hector Alonso		
Primer Apellido:	Hurtado	Segundo Apellido:	
Fecha de Nacimiento:	1970-01-08	País:	Colombia
Email:	consejobajomira@hotmail.com		
Género:	Masculino	Categoría:	
Población Víctima del Conflicto Armado:		Población en Situación de Discapacidad:	
Grupo Étnico:		Grupo Etario:	
¿Registrado en CvLAC?:	No	Documento Adjunto Hoja de Vida:	HV Hector.pdf
Función en el Proyecto:	acompañar al proyecto en la transferencia tecnológica y la ASC de los resultados del proyecto en la comunidad a la que representa		
Duración Horas Semanales:	2	Número de Meses:	36

Entidad:	UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Vinculación Proyecto:	INVESTIGADOR PRINCIPAL		
Tipo Documento:	CEDULA DE CIUDADANIA	Número Documento:	72357502
Nombres:	Juan Gabriel		

Primer Apellido:	Rueda	Segundo Apellido:	Bayona
Fecha de Nacimiento:	1985-10-23	País:	Colombia
Email:	juan.gabriel.rueda@correounivalle.edu.co		
Género:	Masculino	Categoría:	Investigador Sénior
Población Víctima del Conflicto Armado:	No	Población en Situación de Discapacidad:	Ninguna
Grupo Étnico:	Ningún grupo étnico	Grupo Etario:	Aduldez (27- 59 años)
¿Registrado en CvLAC?:	Si	Documento Adjunto Hoja de Vida:	N/A
Función en el Proyecto:	Líder del proyecto		
Duración Horas Semanales:	12	Número de Meses:	36

Cronograma

Número	Actividad	Inicio	Final	Tiempo
1	A.1.1 Caracterizar la oceanografía, geomorfología, hidrología y calidad del agua de las zonas de estudio.	2	24	Meses
2	A1.2. Identificar zonas con potencial para generación de energía mareomotriz y de captación de agua para generación de hidrogeno en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.	4	32	Meses
3	Actividad 2.1 Desarrollar del aplicativo HVM-MAPS	4	36	Meses
4	A2.2. Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente.	4	36	Meses
5	A.2.3. Desarrollar tecnologías de producción de hidrógeno verde.	4	36	Meses
6	3.1. Diseñar e implementar de una red de apropiación del conocimiento e intercambio de experiencias que habilite el acceso a energías renovables para el sector productivo de 2 comunidades de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.	4	11	Meses
7	3.2. Diseñar e implementar de un piloto de mecanismo financiero solidario que permita desde la gobernanza energética que los sistemas productivos de las comunidades accedan en red a las FNCER.	9	15	Meses
8	3.3 Implementar de 2 sistemas energéticos FNCER para la generación de valor agregado en tres cadenas productivas de las 2 comunidades.	14	36	Meses
9	A.3.4 Movilizar investigadores, estudiantes, jóvenes investigadores y perfiles energéticos.	1	36	Meses
10	A.3.5. Ejecutar el plan de compra de equipos y software	1	14	Meses
11	A.3.6 Apropiar los equipos adquiridos como un elemento para científica y productiva de la I+D+i	1	14	Meses
12	A.3.7 Administrar y apoyar a la supervisión.	1	36	Meses

Rubros

Rubro	Financiado	Contrapartida en Efectivo	Contrapartida en Especie	Valor Total
ADMINISTRATIVOS	\$1.314.000.000	\$0	\$0	\$1.314.000.000
CAPACITACIÓN Y EVENTOS	\$125.000.000	\$0	\$0	\$125.000.000

EQUIPOS Y SOFTWARE	\$3.202.003.200	\$0	\$624.240.000	\$3.826.243.200
GASTOS DE VIAJE	\$616.820.000	\$0	\$0	\$616.820.000
INFRAESTRUCTURA	\$70.000.000	\$0	\$1.200.000	\$71.200.000
MATERIALES, INSUMOS Y DOCUMENTACIÓN	\$222.690.650	\$0	\$0	\$222.690.650
PROTECCIÓN DEL CONOCIMIENTO Y DIVULGACIÓN	\$174.000.000	\$0	\$0	\$174.000.000
SEGUIMIENTO	\$518.400.000	\$0	\$0	\$518.400.000
SERVICIOS TECNOLÓGICOS Y PRUEBAS	\$6.824.427.715	\$0	\$45.685.000	\$6.870.112.715
TALENTO HUMANO	\$2.640.658.435	\$0	\$1.820.333.355	\$4.460.991.790
TOTAL	\$15.708.000.000	\$0	\$2.491.458.355	\$18.199.458.355

Rubros Entidad

Entidad: COLTURBINAS LIMITADA

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
SERVICIOS TECNOLÓGICOS Y PRUEBAS	recursos para pruebas de ensayos mecánicos de las turbinas	recursos para pruebas de ensayos mecánicos de las turbinas		\$0	0	\$0	0	\$9.885.000	100	\$9.885.000
TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$0	0	\$0	0	\$9.750.000	100	\$9.750.000
TOTAL				\$0		\$0		\$19.635.000		\$19.635.000

Entidad: CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$0	0	\$0	0	\$5.214.290	100	\$5.214.290
TOTAL				\$0		\$0		\$5.214.290		\$5.214.290

Entidad: CONSEJO COMUNITARIO DE LA COMUNIDAD NEGRA DEL RIO NAYA

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$0	0	\$0	0	\$5.214.290	100	\$5.214.290
TOTAL				\$0		\$0		\$5.214.290		\$5.214.290

Entidad: CONSERVAMOS SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$0	0	\$0	0	\$24.000.000	100	\$24.000.000
TOTAL				\$0		\$0		\$24.000.000		\$24.000.000

Entidad: DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
INFRAESTRUCTURA	Uso de infraestructura institucional en Tumaco	Uso de infraestructura institucional en Tumaco		\$0	0	\$0	0	\$1.200.000	100	\$1.200.000
SERVICIOS TECNOLÓGICOS Y PRUEBAS	Acceso a información estratégica y gestión insitucional sectorial	Acceso a información estratégica y gestión insitucional sectorial		\$0	0	\$0	0	\$800.000	100	\$800.000
TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$0	0	\$0	0	\$20.399.488	100	\$20.399.488
TOTAL				\$0		\$0		\$22.399.488		\$22.399.488

Entidad: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
-------	-------------	---------------	----------------------	------------	---	----------	---	---------	---	-------------

TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$0	0	\$0	0	\$89.670.048	100	\$89.670.048
TOTAL				\$0		\$0		\$89.670.048		\$89.670.048

Entidad: INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS - IPSE

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$0	0	\$0	0	\$35.424.000	100	\$35.424.000
TOTAL				\$0		\$0		\$35.424.000		\$35.424.000

Entidad: UNIVERSIDAD DEL VALLE

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
ADMINISTRATIVOS	Universidad del Valle	recursos para apoyo a la administración		\$1.314.000.000	100	\$0	0	\$0	0	\$1.314.000.000
CAPACITACIÓN Y EVENTOS	recursos para asistencia a eventos científicos	recursos para asistencia a eventos científicos		\$125.000.000	100	\$0	0	\$0	0	\$125.000.000
EQUIPOS Y SOFTWARE	Equipos y software	recursos para la ejecución de actividades		\$3.202.003.200	83	\$0	0	\$624.240.000	16	\$3.826.243.200
GASTOS DE VIAJE	recursos para movilidad y salidas a campo	recursos para movilidad y salidas a campo		\$616.820.000	100	\$0	0	\$0	0	\$616.820.000
INFRAESTRUCTURA	recursos para adecuación de montajes experimentales	recursos para adecuación de montajes experimentales		\$70.000.000	100	\$0	0	\$0	0	\$70.000.000
MATERIALES, INSUMOS Y DOCUMENTACIÓN	recursos para materiales	recursos para materiales		\$222.690.650	100	\$0	0	\$0	0	\$222.690.650
PROTECCIÓN DEL CONOCIMIENTO Y DIVULGACIÓN	recursos para costos de publicación en acceso abierto q1 y q2	recursos para costos de publicación en acceso abierto q1 y q2		\$174.000.000	100	\$0	0	\$0	0	\$174.000.000
SEGUIMIENTO	Interventoría	recursos para Interventoría		\$518.400.000	100	\$0	0	\$0	0	\$518.400.000
SERVICIOS TECNOLÓGICOS Y PRUEBAS	recursos para servicios tecnológicos, diseño, construcción, estudios	recursos para servicios tecnológicos, diseño, construcción, estudios		\$6.824.427.715	99	\$0	0	\$35.000.000	0	\$6.859.427.715
TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$2.640.658.435	66	\$0	0	\$1.313.435.575	33	\$3.954.094.010
TOTAL				\$15.708.000.000		\$0		\$1.972.675.575		\$17.680.675.575

Entidad: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)

Rubro	Descripción	Justificación	Entidad Financiadora	Financiado	%	Efectivo	%	Especie	%	Valor Total
TALENTO HUMANO	recursos para personal	recursos para personal		\$0	0	\$0	0	\$317.225.664	100	\$317.225.664
TOTAL				\$0		\$0		\$317.225.664		\$317.225.664

Detalles Rubros

Cuadro: ADMINISTRATIVOS

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
Universidad del Valle	recursos para apoyo a la administración	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$1.314.000.000	\$0	\$0	\$1.314.000.000
TOTAL				\$1.314.000.000	\$0	\$0	\$1.314.000.000

Cuadro: CAPACITACIÓN Y EVENTOS

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
recursos para asistencia a eventos científicos	recursos para asistencia a eventos científicos	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$125.000.000	\$0	\$0	\$125.000.000
TOTAL				\$125.000.000	\$0	\$0	\$125.000.000

Cuadro: EQUIPOS Y SOFTWARE

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
Equipos y software	recursos para la ejecución de actividades	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$3.202.003.200	\$0	\$624.240.000	\$3.826.243.200
TOTAL				\$3.202.003.200	\$0	\$624.240.000	\$3.826.243.200

Cuadro: GASTOS DE VIAJE

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
recursos para movilidad y salidas a campo	recursos para movilidad y salidas a campo	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$616.820.000	\$0	\$0	\$616.820.000
TOTAL				\$616.820.000	\$0	\$0	\$616.820.000

Cuadro: INFRAESTRUCTURA

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
recursos para adecuación de montajes experimentales	recursos para adecuación de montajes experimentales	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$70.000.000	\$0	\$0	\$70.000.000
Uso de infraestructura institucional en Tumaco	Uso de infraestructura institucional en Tumaco	Departamento de Nariño	DEPARTAMENTO DE NARIÑO	\$0	\$0	\$1.200.000	\$1.200.000
TOTAL				\$70.000.000	\$0	\$1.200.000	\$71.200.000

Cuadro: MATERIALES

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
recursos para materiales	recursos para materiales	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$222.690.650	\$0	\$0	\$222.690.650
TOTAL				\$222.690.650	\$0	\$0	\$222.690.650

Cuadro: PROTECCIÓN DEL CONOCIMIENTO Y DIVULGACIÓN

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
recursos para costos de publicación en acceso abierto q1 y q2	recursos para costos de publicación en acceso abierto q1 y q2	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$174.000.000	\$0	\$0	\$174.000.000
TOTAL				\$174.000.000	\$0	\$0	\$174.000.000

Cuadro: SEGUIMIENTO

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
Interventoría	recursos para Interventoría	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$518.400.000	\$0	\$0	\$518.400.000
TOTAL				\$518.400.000	\$0	\$0	\$518.400.000

Cuadro: SERVICIOS TECNOLÓGICOS Y PRUEBAS

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
recursos para servicios tecnológicos, diseño, construcción, estudios	recursos para servicios tecnológicos, diseño, construcción, estudios	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$6.824.427.715	\$0	\$35.000.000	\$6.859.427.715
Acceso a información estratégica y gestión insitucional sectorial	Acceso a información estratégica y gestión insitucional sectorial	Departamento de Nariño	DEPARTAMENTO DE NARIÑO	\$0	\$0	\$800.000	\$800.000
recursos para pruebas de ensayos mecánicos de las turbinas	recursos para pruebas de ensayos mecánicos de las turbinas	Colturbinas	COLTURBINAS LIMITADA	\$0	\$0	\$9.885.000	\$9.885.000
TOTAL				\$6.824.427.715	\$0	\$45.685.000	\$6.870.112.715

Cuadro: TALENTO HUMANO

Descripción	Justificación	Proveedor	Entidad	Financiado	Efectivo	Especie	Valor Total
recursos para personal	recursos para personal	Universidad Nacional de Colombia sede Medellín	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)	\$0	\$0	\$317.225.664	\$317.225.664
recursos para personal	recursos para personal	Universidad del Valle	UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$2.640.658.435	\$0	\$1.313.435.575	\$3.954.094.010
recursos para personal	recursos para personal	IPSE	INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCION DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS - IPSE	\$0	\$0	\$35.424.000	\$35.424.000
recursos para personal	recursos para personal	Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	\$0	\$0	\$89.670.048	\$89.670.048
recursos para personal	recursos para personal	Departamento de Nariño	DEPARTAMENTO DE NARIÑO	\$0	\$0	\$20.399.488	\$20.399.488
recursos para personal	recursos para personal	Conservamos	CONSERVAMOS SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS	\$0	\$0	\$24.000.000	\$24.000.000
recursos para personal	recursos para personal	Consejo Rio Naya	CONSEJO COMUNITARIO DE LA COMUNIDAD NEGRA DEL RIO NAYA	\$0	\$0	\$5.214.290	\$5.214.290
recursos para personal	recursos para personal	Consejo Bajo Mira y Frontera	CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA	\$0	\$0	\$5.214.290	\$5.214.290
recursos para personal	recursos para personal	Colturbinas	COLTURBINAS LIMITADA	\$0	\$0	\$9.750.000	\$9.750.000
TOTAL				\$2.640.658.435	\$0	\$1.820.333.355	\$4.460.991.790

Global Total

Entidad	Financiado	%	Especie	%	Efectivo	%	Valor Total
UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$15.708.000.000	88,84	\$1.972.675.575	11,16	\$0	0	\$17.680.675.575
CONSERVAMOS SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS	\$0	0	\$24.000.000	100	\$0	0	\$24.000.000

INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS - IPSE	\$0	0	\$35.424.000	100	\$0	0	\$35.424.000
COLTURBINAS LIMITADA	\$0	0	\$19.635.000	100	\$0	0	\$19.635.000
DEPARTAMENTO DE NARIÑO	\$0	0	\$22.399.488	100	\$0	0	\$22.399.488
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)	\$0	0	\$317.225.664	100	\$0	0	\$317.225.664
CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA	\$0	0	\$5.214.290	100	\$0	0	\$5.214.290
FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	\$0	0	\$89.670.048	100	\$0	0	\$89.670.048
CONSEJO COMUNITARIO DE LA COMUNIDAD NEGRA DEL RIO NAYA	\$0	0	\$5.214.290	100	\$0	0	\$5.214.290
TOTAL	\$15.708.000.000		\$2.491.458.355		\$0		\$18.199.458.355

Contrapartida

Entidad	Especie	%	Efectivo	%	Valor Total
UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$1.972.675.575	100	\$0	0	\$1.972.675.575
CONSERVAMOS SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS	\$24.000.000	100	\$0	0	\$24.000.000
INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS - IPSE	\$35.424.000	100	\$0	0	\$35.424.000
COLTURBINAS LIMITADA	\$19.635.000	100	\$0	0	\$19.635.000
DEPARTAMENTO DE NARIÑO	\$22.399.488	100	\$0	0	\$22.399.488
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN (OFICIAL)	\$317.225.664	100	\$0	0	\$317.225.664
CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA	\$5.214.290	100	\$0	0	\$5.214.290
FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	\$89.670.048	100	\$0	0	\$89.670.048
CONSEJO COMUNITARIO DE LA COMUNIDAD NEGRA DEL RIO NAYA	\$5.214.290	100	\$0	0	\$5.214.290
TOTAL	\$2.491.458.355		\$0		\$2.491.458.355

Ciudad: _____ Día: _____ Mes: _____ Año: _____

Firma representante legal.



**CONVOCATORIA ENERGÍA SOSTENIBLE PARA EL TERRITORIO: TRANSICIÓN JUSTA,
COMUNITARIA E INNOVADORA.**

PLAN BIENAL DE CONVOCATORIAS SISTEMA GENERAL DE REGALIAS 2025 – 2026

Desarrollo de la industria del Hidrógeno verde integrada con fuentes de energía mareomotriz para el Pacífico colombiano en los departamentos del Valle del Cauca, Nariño.

2026

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 1 de 221



Tabla de contenido

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO	10
2. RESÚMEN EJECUTIVO.....	1
3. PALABRAS CLAVE	5
4. ALINEACIÓN CON LA POLÍTICA PÚBLICA.....	5
5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
5.1. PROBLEMA CENTRAL.....	11
5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y LA SITUACIÓN EXISTENTE.....	12
5.3. MAGNITUD ACTUAL DEL PROBLEMA INDICADORES DE REFERENCIA	16
5.4. ÁRBOL DE PROBLEMAS	17
6. ANTECEDENTES.....	18
6.1. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON POTENCIAL DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ EN COLOMBIA	21
6.2. DESARROLLO TECNOLÓGICO ENERGÍA MAREOMOTRÍZ.....	23
6.1. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE	28
6.2. DESARROLLO DE PLANTAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MARINA HÍBRIDOS	32
6.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO BAJO LA INFLUENCIA Y DOMINIO DE LAS COMUNIDADES ALIADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DEL VALLE DEL CAUCA Y NARIÑO	36
6.3.1. ZONA VALLE DEL CAUCA: TERRITORIO DEL CONSEJO COMUNITARIO DEL RIO NAYA.....	36
6.3.2. ZONA NARIÑO: TERRITORIO DEL CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA.....	39
6.3.3. ANÁLISIS PRELIMINAR DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.....	42
6.4. NIVELES DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE LAS TECNOLOGÍAS PROPUESTAS	42
6.5.1 <i>Nombre de la tecnología: HIDROMAR.</i>	43
6.5.1 <i>Nombre de la tecnología: Beam Reach®</i>	44
6.5.1 <i>Nombre de la tecnología: Colturbinas turbine.</i>	46
6.5.2 <i>Nombre de la tecnología: IMPETUS-Enríquez.</i>	47
6.5.3 <i>Nombre de la tecnología: Niño-Vargas.</i>	48
6.5.1 <i>Nombre de la tecnología: Machuca-Martínez.</i>	50
6.5.1 <i>Nombre de la tecnología: Cuesta-Parra.</i>	51
6.5.2 <i>Investigadores / Inventores:</i>	53
7. JUSTIFICACIÓN	53
8. ARTICULACIÓN DEL PROYECTO EN RESPUESTA A LOS RETOS ESTRATÉGICOS Y DEMANDAS TERRITORIALES, A PARTIR DE LOS ALCANCES TEMÁTICOS	56
9. MARCO CONCEPTUAL	57
9.1. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE POR PROCESOS ELECTROQUÍMICOS	58
9.1. SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍA RENOVABLE.....	62

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

9.2.	ENERGÍA MAREOMOTRIZ (TURBINAS DE CORRIENTE).....	64
6.5.1	<i>Turbinas de eje vertical</i>	65
9.5.1	<i>Turbinas de bulbo</i>	65
9.5.2	<i>Turbinas de tipo kaplan</i>	67
9.5.3	<i>Turbinas Darrieus</i>	67
9.5.4	<i>Turbina Savonius</i>	67
9.5.5	<i>Turbina Helicoidal Gorlov</i>	68
9.5.6	<i>Turbina kobold</i>	69
9.3.	MECÁNICA DE FLUIDOS	69
9.4.	DINÁMICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS - CFD	70
9.5.	INTERACCIÓN FLUIDO ESTRUCTURA - FSI	70
9.6.	MODELAMIENTO HIDRODINÁMICO DE CUERPOS DE AGUA MARINO-COSTEROS.	71
9.7.	PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	75
9.8.	TRANSMISIÓN DE POTENCIA Y GENERADORES ELÉCTRICOS	75
9.1.	IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LA BIODIVERSIDAD MARINA EN LAS ZONAS DE ESTUDIO	75
9.2.	ESTÁNDARES INTERNACIONALES PARA LAS TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA MARINA.	77
9.3.	ETAPA PRELIMINAR O ETAPA CERO: ESTRATEGIA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.	79
9.4.	FASE DE EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD Y CONSENTIMIENTO	81
9.5.	PROYECTO DE FABRICACIÓN E INSTALACIÓN.....	83
10.	ANÁLISIS DE PARTICIPANTES	86
10.1.	PARTICIPANTES CLASIFICADOS CON ENFOQUE DIFERENCIAL.....	98
11.	POBLACIÓN	99
11.1.	POBLACIÓN AFECTADA:.....	99
11.2.	POBLACIÓN OBJETIVO:.....	100
11.3.	CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DE LA POBLACIÓN OBJETIVO:	100
12.	OBJETIVOS	105
12.1.	OBJETIVO GENERAL:.....	105
12.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	105
12.3.	ÁRBOL DE OBJETIVOS	105
13.	ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS	106
13.1.	ANÁLISIS TÉCNICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	107
14.	METODOLOGÍA PARA DESARROLLAR LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.	108
14.1.	OBJETIVO ESPECÍFICO 1: OE1 GENERAR CONOCIMIENTO EN LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ, GENERACIÓN ELÉCTRICA Y CAPTACIÓN DE AGUA QUE PERMITA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE EN 2 COMUNIDADES ENERGÉTICAS DE LOS DEPARTAMENTOS DEL VALLE DEL CAUCA Y NARIÑO.....	108
14.1.1	<i>Actividad 1. (OE1- A1). Caracterizar la oceanografía, geomorfología, hidrología y calidad del agua de las zonas de estudio.</i>	109

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

14.1.2	Actividad 2. (OE1- A2). Identificar zonas con potencial para generación de energía mareomotriz y de captación de agua para generación de hidrogeno en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.	117
14.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO 2 (OE2). DESARROLLAR TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MAREOMOTRIZ MEDIANTE TURBINAS DE CORRIENTE Y DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE CONSIDERANDO LA INNOVACIÓN Y SU TRANSFERENCIA QUE CONTRIBUYAN AL CIERRE DE BRECHAS DE ACCESO A LAS FNCER EN 2 COMUNIDADES ENERGÉTICAS DE LOS DEPARTAMENTOS DEL VALLE DEL CAUCA Y NARIÑO.	129
14.2.1	Actividad 1. (OE2- A1). Desarrollar del aplicativo HVM-MAPS.	129
14.2.1	Actividad 2. (OE2- A2). Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente.	130
14.2.2	Actividad 3. (OE2- A3). Desarrollar tecnologías de producción de hidrógeno verde.	133
14.3.	OBJETIVO 3: CONSTRUIR UNA ESTRATEGIA DE APOYO FINANCIERO Y SOSTENIBILIDAD DESDE LA ASC QUE CONTRIBUYAN A LA REDUCCIÓN DE LAS BARRERAS DE ACCESO A FNCER Y FACILITEN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA EN SISTEMAS PRODUCTIVOS RURALES DE 2 COMUNIDADES ENERGÉTICAS DE LOS DEPARTAMENTOS DEL VALLE DEL CAUCA Y NARIÑO.	136
14.3.1	Actividad 1 (OE3-A1). Diseñar e implementar de una red de apropiación del conocimiento e intercambio de experiencias que habilite el acceso a energías renovables para el sector productivo de 2 comunidades de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.	137
14.3.2	Actividad 2 (A2-OE3). Diseñar e implementar de un piloto de mecanismo financiero solidario que permita desde la gobernanza energética que los sistemas productivos de las comunidades accedan en red a las FNCER.	138
14.3.3	Actividad 3 (A3-OE3). Implementar de 2 sistemas energéticos FNCER para la generación de valor agregado en tres cadenas productivas de las 2 comunidades.	139
14.3.4	Actividad 4. (OE3-A4). Movilizar investigadores, estudiantes, jóvenes investigadores y perfiles energéticos.	140
14.3.5	Actividad 5. (OE3-A5). Ejecutar el plan de compra de equipos y software.	142
14.3.6	Actividad 6. (OE3-A6). Apropiar los equipos adquiridos como un elemento para científica y productiva de la I+D+i.	142
14.3.7	Actividad 7. (OE3-A7). Administrar y realizar interventoría.	149
15.	CADENA DE VALOR	150
16.	SOSTENIBILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL DEL PROYECTO	157
17.	RESULTADOS E IMPACTOS PARA LAS REGIONES OBJETO DEL PROYECTO	159
17.1.	RESULTADOS ESPERADOS	159
17.2.	IMPACTOS POR DIMENSIÓN Y HORIZONTE TEMPORAL	159
17.3.	INGRESOS Y BENEFICIOS.	160
17.3.1	Revolución en la Pesca Artesanal: La Cadena de Frío	161
17.3.2	Beneficios Ambientales y Mitigación Climática	164
17.3.3	Beneficios en la Economía Popular y el Estado	164
17.3.1	Beneficio inmediato al finalizar el proyecto.	164
17.4.	PROYECCIÓN FINANCIERA DE LA PLANTA (7 AÑOS)	165
17.5.	EFFECTOS AMBIENTALES.	166
17.6.	EFFECTOS EN LA SALUD HUMANA Y RIESGOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.	168

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



17.7.	EFFECTOS EN RECURSOS NATURALES Y SOSTENIBILIDAD A LARGO PLAZO	170
17.8.	VIDA ÚTIL Y DISPOSICIÓN DE MATERIALES.....	170
17.9.	ANÁLISIS DE RIESGOS Y RESILIENCIA CLIMÁTICA.....	171
18.	PRODUCTOS ESPERADOS	172
19.	CRONOGRAMA	174
20.	ANÁLISIS DE RIESGOS	181
21.	INDICADORES DE GESTIÓN	184
22.	ASPECTOS ÉTICOS.....	184
23.	IDONEIDAD Y TRAYECTORIA DE LA ENTIDAD PROPONENTE Y DEMÁS PARTICIPANTES	184
23.1.	UNIVERSIDAD DEL VALLE	184
23.2.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN	185
23.3.	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	186
23.4.	COLTURBINAS LIMITADA.....	188
23.5.	CONSERVAMOS SAS.....	188
23.6.	EL INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS – IPSE	189
23.7.	CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA (NARIÑO)	189
23.8.	CONSEJO COMUNITARIO DEL RÍO NAYA (VALLE DEL CAUCA)	189
23.9.	GOBERNACIÓN DE NARIÑO.....	190
24.	ANÁLISIS DE LICENCIAS Y PERMISOS	195
25.	RESUMEN DE FUENTES DE FINANCIACIÓN	197
26.	BIBLIOGRAFÍA	198
27.	ANEXOS REQUISITOS SECTORIALES QUE LE SEAN APLICABLES.	208

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Listados grupos de investigación vinculados	1
Tabla 2. Objetivos de desarrollo sostenible del plan nacional de desarrollo	5
Tabla 3. Plan Nacional de desarrollo.....	6
Tabla 4. Alineación del proyecto con políticas o estrategias nacionales y regionales relevantes relacionadas con cambio climático, descarbonización, transición energética, desarrollo social, reindustrialización,	7
Tabla 5. Alineaciones políticas públicas Valle del Cauca y Nariño	11
Tabla 6. Problemas de la comunidad por falta de suministro eléctrico de calidad.	13
Tabla 7. Línea Base.....	16
Tabla 8. Referencias de los estudios	16
Tabla 9. Árbol de problemas	17
Tabla 10. Proyectos FNCER activos en 2026 para el Pacífico colombiano.....	19
Tabla 11. Potencias instaladas.....	22
Tabla 12. Proyectos Globales de Hidrógeno Verde y Energía Marina	34
Tabla 13. Desarrollo y sus principales investigadores/inventores	53
Tabla 14. Características de algunos modelos de calidad de agua disponibles.....	73
Tabla 15. Análisis de participantes.....	86
Tabla 16. Relación de líderes e investigadores principales del proyecto.	91
Tabla 17. Características demográficas de la población objetivo.	99
Tabla 18. Características demográficas de la población objetivo	100
Tabla 19. Características étnico-raciales de la población objetivo	102
Tabla 20. actores diferenciales para el cambio que participaran en el desarrollo del proyecto.	103
Tabla 21. Análisis de objetivos.	105
Tabla 22. Análisis y selección de alternativa.....	107
Tabla 23. Matriz de Movilidad: Perfiles, Origen y Destino.....	141
Tabla 24. Cadena de valor propuesta.	151
Tabla 25. Cadena de valor propuesta	151
Tabla 26. Equipos productos y consumo eléctrico.....	162
Tabla 27. Tabla de Beneficios Integrales.	163
Tabla 28. Proyección financiera de una planta de energía hidrocinerética mareomotriz de 270 kW.	165
Tabla 29. Impactos, efectos y medidas de mitigación de los módulos HVM.	167
Tabla 30. Riesgos, efectos en la salud humana y medidas de mitigación de los módulos HVM.	169
Tabla 31. Vida útil de elementos de los módulos HVM.....	170
Tabla 32. Productos esperados.....	172
Tabla 33. Modelo cronograma.....	174
Tabla 34. Análisis de riesgos.....	181

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Tabla 35. Indicadores de gestión	184
Tabla 36. Líderes e investigadores principales.	191
Tabla 37. Fuentes de financiación.....	197

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 7 de 221



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una planta de producción de Hidrógeno Verde Mareomotriz (HVM) diseñada por los autores de la presente propuesta.	2
Figura 2. Estructura una planta de Hidrógeno verde mareomotriz (HVM): Producción de gas Hidrógeno mediante procesos electrolíticos, soportados con energía mareomotriz	3
Figura 3. Proyectos registrados en la UPME de generación eléctrica mediante FNCER a 2023 y en operación y construcción a 2025 (SER_Colombia, 2025).	20
Figura 4. Desarrollo tecnológico en las energías marinas (<i>Ocean Energy Technologies Patents Deployment Status and Outlook</i> , n.d.)	24
Figura 5. Capacidad instalada acumulada por tipo de energía marina.	25
Figura 6. Proyectos de energía mareomotriz en operación y por iniciar.	26
Figura 7. Costo de producción de hidrógeno a nivel mundial	29
Figura 8. Demanda y aplicaciones de hidrógeno durante los últimos 70 años.	30
Figura 9. Contexto para usos de hidrogeno verde.	31
Figura 10. Montaje experimental del estudio de Liu et al.	34
Figura 11. Localización de la comunidad energética registrada del Rio Naya, Buenaventura, Valle del Cauca. Fuente: https://www.minenergia.gov.co/es/comunidades-energeticas/	38
Figura 12. Extensión del dominio del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera. Fuente: (González et al., 2024).	41
Figura 13. Localización de las comunidades energéticas registradas en el territorio del Consejo comunitario de Bajo Mira y Frontera. Fuente: https://www.minenergia.gov.co/es/comunidades-energeticas/	41
Figura 14. Turbina BeamReach, a) representación de la turbina en operación. b) imagen de prototipo en tierra, c) curva de potencia de BeamReach (Tidal Sails) vs los prototipos de turbinas mareomotrices en desarrollo. Tomado de: https://tidalsails.com/about/	45
Figura 15. Turbina Colturbinas, a) vista isométrica. b) turbina en operación c). fotografía del prototipo y sus flotadores.	47
Figura 16. Prototipo de la turbina en TRL 4 IMPETUS-Enriquez.	48
Figura 17. Esquema de un sistema de electrodiálisis con membranas poliméricas de intercambio iónico (autores).	49
Figura 18. Esquema del reactor electroquímico para la producción de hidrógeno desarrollado por la Universidad del Valle (autores).....	50
Figura 19. Equipo de electrólisis de salmuera de la Universidad de América, Bogotá.	52
Figura 20. Distribución geográfica y densidad poblacional de las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia.	63
Figura 21. Partes de una turbina de bulbo.	66
Figura 22. Esquema de funcionamiento de una turbina Darrieus.	67
Figura 23. Turbina Savonius.	68
Figura 24. Turbina Helicoidal Gorlov.	68
Figura 25. Turbina Kobold.	69
Figura 26. Localización de las zonas de estudio bajo influencia y dominio de las comunidades.	110
Figura 27. Equipos oceanográficas a emplear: perfilador de corrientes y medidor de olas - ADCP, b) velocímetro - ADV, c) perfilador de temperatura, salinidad y presión – CTD, d) campaña oceanográfica, imagen generada con IA.....	111
Figura 28. Medición de parámetros topográficos y batimétricos con equipos de posicionamiento GSP y bote hidrográfico autónomo (drone batimétrico); imagen generada con IA.	113

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Figura 29. a) Perfilador de corrientes River Pro, b) perfilador de corrientes móvil River Ray marca Teledyne. .	115
Figura 30. a) Estación meteorológica automática de alta resolución temporal; imagen generada con IA.	116
Figura 31. Sonda multiparamétrica portátil de calidad de aguas. Fuente: Hanna instruments	117
Figura 32. Estrategia de modelación hidrológica, hidráulica, hidrodinámica, transporte y de calidad de agua. .	119
Figura 33. Flujo de información de los modelos numéricos oceanográficos.	121
Figura 34. Etapas de análisis para la localización de zonas con potencial mareomotriz. Modificado de: (M. L. Bastidas-Salamanca & Rueda-Bayona, 2021; Quintero & Rueda-Bayona, 2021)	123
Figura 35. Esquema de instalación de la turbina BeamReach: a) longitud y profundidad promedios de la planta para una velocidad de operación nominal de 1.5 m/s, b) ejemplo de instalación de la planta (línea azul) en un punto de la Zona Valle del Cauca. Modificado de: tidalsails.com	124

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 9 de 221





1. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

- **Nombre del proyecto:**

Desarrollo de la industria del Hidrógeno verde integrada con fuentes de energía mareomotriz para el Pacífico colombiano en los departamentos del Valle del Cauca, Nariño.

- **Nombre de la entidad proponente y demás entidades aliadas.**

- Nombre entidad proponente: Universidad del Valle.
- Nombre de la entidad aliada No. 1: Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín.
- Aspa a la que pertenece la entidad: **IES**.
- Nombre de la entidad aliada No. 2: Fundación Universidad de América.
- Aspa a la que pertenece la entidad: **IES**.
- Nombre de la entidad aliada No. 3: Gobernación de Nariño
- Aspa a la que pertenece la entidad: **Estado**.
- Nombre de la entidad aliada No. 4: Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE)
- Aspa a la que pertenece la entidad: **Estado**.
- Nombre de la entidad aliada No. 5: Conservamos SAS
- Aspa a la que pertenece la entidad: **Empresa**.
- Nombre de la entidad aliada No. 6: Colturbinas Limitada.
- Aspa a la que pertenece la entidad: **Empresa**.
- Nombre de la entidad aliada No. 7: Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (Departamento de Nariño).
- Aspa a la que pertenece la entidad: **Sociedad Civil Organizada**.
- Nombre de la entidad aliada No. 8 Consejo comunitario del Rio Naya (Departamento del Valle del Cauca). Comunidad energética Rio Naya, Buenaventura, Valle del Cauca.
- Aspa a la que pertenece la entidad: **Sociedad Civil Organizada**.

- **Código SIGP:** 142001

- **Tiempo de ejecución en meses:** 36

- **Localización del proyecto:** zonas de influencia y dominio de las comunidades aliadas.

- **Región:** Pacífico
- **Departamento(s):** Valle del Cauca, Nariño.
- **Municipio(s):** Buenaventura (PDET y ZOMAC), Tumaco (PDET y ZOMAC).
- **Centro poblado:** Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (Departamento de Nariño), Consejo comunitario del Rio Naya (Departamento del Valle del Cauca)

- **Demanda(s) territorial(es) asociadas al proyecto:**

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Nariño:

Reto 3. Asegurar la generación, acceso y uso de energías sostenibles para todos

Demanda 1: Desarrollar estrategias de generación, uso, aprovechamiento y acceso de energías sostenibles y renovables para el fortalecimiento de la resiliencia regional, a partir del reconocimiento de los recursos tecnológicos, ambientales, sociales y económicos mediante la implementación de 4 proyectos CTel con cobertura en al menos el 10% de los municipios del departamento de Nariño, durante los próximos 5 años.

Demanda 2: Fomentar procesos de generación de conocimiento científico y tecnológico relacionado con energías sostenibles para toda la población, mediante la implementación de al menos 3 proyectos de CTel que promuevan la formación de alto nivel (Maestría y Doctorado), la transferencia de conocimiento, divulgación tecnológica y el impulso de vocaciones tempranas en el ámbito energético durante los próximos 6 años.

Valle del Cauca:

Reto 3: Asegurar la generación, acceso y uso de energías sostenibles para todos

Demanda 1: Impulsar el desarrollo y la implementación de tecnologías para la generación, almacenamiento y transporte de energía a partir de fuentes no convencionales, buscando el uso eficiente de la energía mediante actividades de I+D+I, transferencia de tecnología y apropiación social del conocimiento. Esto se pretende lograr con al menos 2 proyectos de CTel financiados entre los años 2025 y 2030, buscando una mayor capacidad energética a partir de fuentes no convencionales y la reducción en el consumo de energía fósil. Además, se busca incrementar la articulación de I+D+I orientada a la acción climática, para mitigar los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad en la región pacífica del Valle del Cauca.

Demanda 2: Promover y fortalecer al menos 2 proyectos de generación de conocimiento y acciones prácticas sobre energías renovables (biomasa, solar, eólica, PCH, energía de los mares, hidrógeno verde, entre otros) para el Valle del Cauca en el período 2025-2030. Incrementando la articulación de I+D+I orientada a la acción climática, para mitigar los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad en la región pacífica del Valle del Cauca, a través del incremento de los niveles de transferencia y adopción de tecnología y conocimiento entre los actores del ecosistema de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación, asociados a las vocaciones productivas y las problemáticas socioeconómicas del Valle del Cauca.

- **Líneas temáticas:**

5.2 Nuevas tecnologías emergentes.

Sub línea: Desarrollo y aplicaciones de Tecnologías para la generación de Hidrógeno verde y azul, optimizando la producción, almacenamiento y regulación para transporte e industria.

- **Grupo(s) de investigación vinculado(s) al proyecto:**

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Tabla 1. Listados grupos de investigación vinculados

Nombre del Grupo	Entidad a la que pertenece el grupo	Líneas de Investigación a las que se encuentra vinculado	# Investigadores vinculados al grupo y su nivel de formación	# Estudiantes que puede vincular el grupo de investigación	Contribución de la(s) línea(s) al abordaje de las demanda(s) territoriales y los Alcances temáticos
Grupo OCEANICOS	Universidad Nacional de Colombia	Oceanografía e ingeniería costera	6 profesores activos principales y más de 10 profesores aliados	01 estudiantes de pregrado	Caracterización oceanográfica y de los recursos marinos y energéticos
Grupo de Procesos Sostenibles	Fundación Universidad de América	Diversificación de la matriz energética	8 profesores activos principales, 2 doctores, 6 maestría. Para este proyecto van dos profesores vinculados al grupo y un profesor aliado	01 estudiantes de pregrado	Calidad del agua para la producción de hidrógeno y aprovechamiento de residuos del proceso
Grupo HIDROMAR	Universidad del Valle	Energías marinas Ingeniería de recursos hídricos y energéticos	02 profesores, 01 con doctorado y 01 con Maestría.	03 estudiantes de pregrado 04 estudiante de Maestría	Estimación de potenciales de energía marina. Diseño y construcción de tecnología de generación eléctrica mareomotriz Identificación de zonas con potencial de generación de energía mareomotriz y producción de hidrógeno verde
IMPETUS INDOMITUS Research Team in the energy conversion and propulsion revolution	Universidad del Valle	Sistemas de conversión de energía y propulsión	01 profesor.. 01 con doctorado.	01 estudiante de pregrado 01 de maestría	Desarrollo de turbo maquinaria y aprovechamiento energético de fuentes de energías renovables

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01

Versión: 01



Grupo de investigación en Logística y Producción	Universidad del Valle	Logística y Producción	01 Profesor. 01 con doctorado	01 estudiante de pregrado	Identificación de zonas con potencial de generación de energía mareomotriz y producción de hidrógeno verde considerando factores económicos y de sostenibilidad financiera
RISK - Grupo de Investigación en Infraestructura Civil Inteligente y Resiliente	Universidad del Valle	Infraestructura Civil Resiliente Y Sostenible	02 profesores. 02 con doctorado.	01 estudiante de pregrado	Diseños estructurales de las plantas piloto y de los modelos físicos y numéricos.
Grupo De Investigación En Procesos Avanzados Para Las Innovaciones Ambientales Y Biotecnológicas. Biox-energy	Universidad del Valle	Procesos Avanzados De Oxidación, Físicoquímicos Y Ambientales	04 Profesores. 04 con doctorado.	02 estudiantes de maestría	Diseño de tecnologías de producción de hidrógeno verde
Grupo De Investigación Gestión Integral Del Riego Para El Desarrollo Agrícola Y La Seguridad Alimentaria – Regar	Universidad del Valle	Optimización, Distribución De Redes De Riego Y Drenaje	02 profesores. 02 con doctorado.	01 estudiante de pregrado	Diseño de tecnologías para la caracterización de calidad de aguas marinas para la producción de hidrógeno verde

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01





2. RESÚMEN EJECUTIVO

Esta propuesta representa la primera apuesta tecnológica nacional para diseñar, construir y operar dos pilotos de producción de hidrógeno verde (HVM) en el Pacífico (Valle del Cauca y Nariño). El modelo integra energía mareomotriz y desalinización de agua de mar, transformando los subproductos en recursos de alto valor. Al finalizar el proyecto, los módulos de generación eléctrica de las plantas HVM se donarán a las comunidades junto a un plan de sostenibilidad, efectuando así un impacto positivo inmediato sobre los beneficiarios.

El proyecto se articula en tres ejes estratégicos que consolidarán una Hoja de Ruta Técnica para el futuro del Hidrógeno Verde Mareomotriz (HVM) en Colombia:

1. Identificación y Captación: Generación de conocimiento para localizar zonas de alto potencial energético y sistemas eficientes de captación de agua.
2. Generación y Producción: Desarrollo de tecnologías en turbinas de corrientes marinas, desalinización de agua, aprovechamiento de salmuera y sistemas de producción de hidrógeno.
3. Sostenibilidad y Agroindustria: Creación de una estrategia de Apropiación Social del Conocimiento (ASC) y modelos financieros para garantizar una transición energética justa.

Esta iniciativa posiciona al Pacífico como un actor clave en la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia. Su alcance va más allá de la diversificación de la matriz energética: representa el nacimiento de una industria local que transformará los indicadores ambientales, sociales y económicos. Al enfocarse en municipios PDET y zonas ZOMAC, el proyecto actúa como un motor de desarrollo y orden público, convirtiendo la innovación tecnológica en una herramienta de paz y estabilidad para los territorios más afectados por el conflicto.

¿Qué es una planta HVM?, a continuación, se presenta una explicación general de las plantas propuestas.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Figura 1. Esquema de una planta de producción de Hidrógeno Verde Mareomotriz (HVM) diseñada por los autores de la presente propuesta.

Una planta de HVM está compuesta por:

- 1- Sistema de generación eléctrica: turbinas de corriente mareomotrices + paneles solares de respaldo.
- 2- Sistema de desalinización de agua marina y salobre: bombas + desalinizadora.
- 3- Sistema de aprovechamiento de salmuera: planta de subproductos.
- 4- Sistema de producción de Hidrógeno: reactor electrolítico de Hidrógeno.

Según la Figura 1 la planta de energía híbrida (mareomotriz + solar) proporcionaría electricidad al sistema de bombeo que conduce agua marina o salobre a la planta desalinizadora la cual remueve las sales y contaminantes. Seguido, el agua tratada se conduce a los reactores para la producción del gas Hidrógeno. Los residuos o subproductos (sales) de la planta desalinizadora se aprovecharían para la producción de compuestos químicos requeridos en la industria de desinfección y limpieza. El oxígeno resultante del reactor de Hidrógeno se empleará en diversos procesos químicos que se dan en la industria como de insumo para el sector de la Salud.

En la siguiente figura se presentan las tecnologías que integrarán las plantas HVM.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

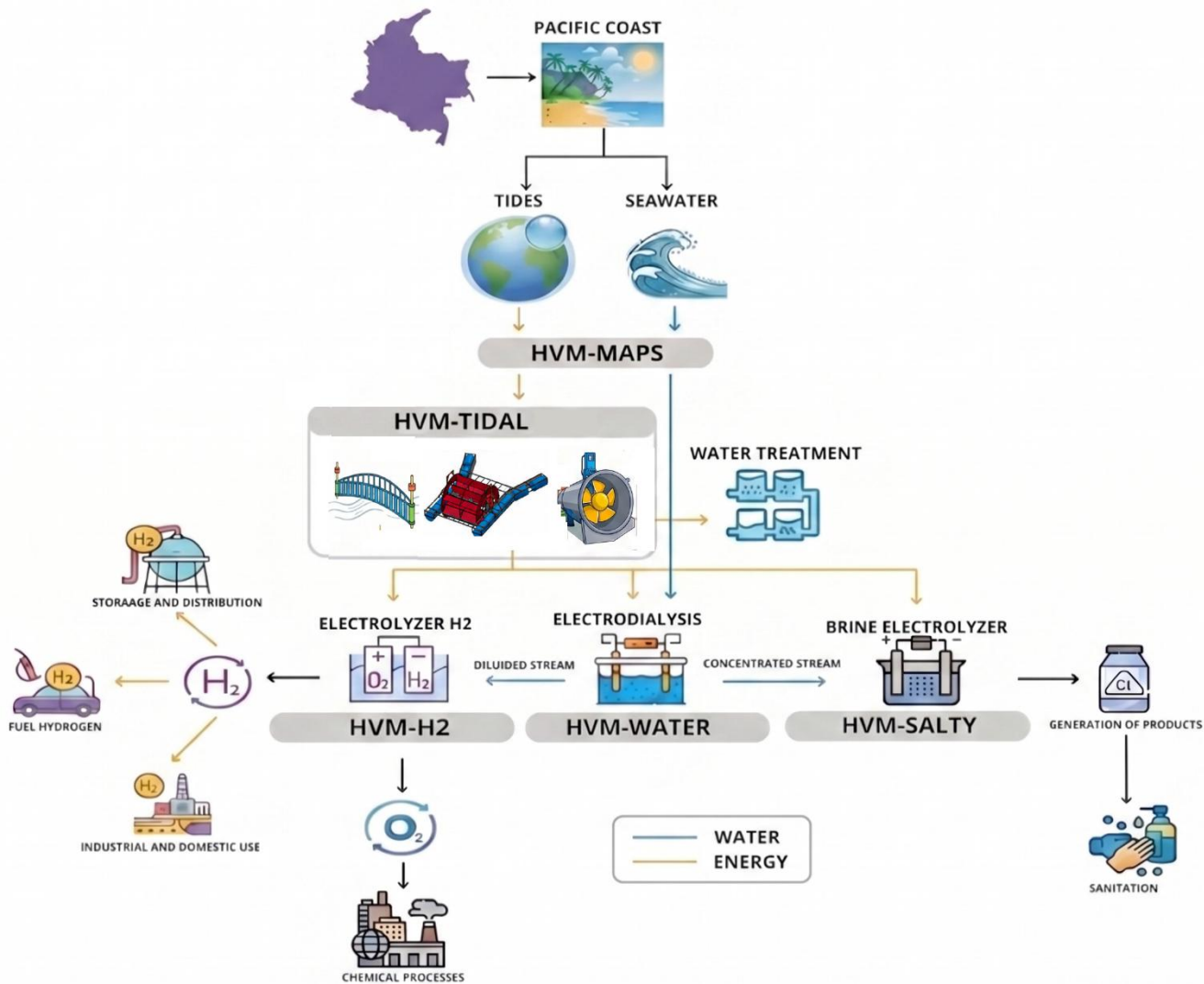


Figura 2. Estructura una planta de Hidrógeno verde mareomotriz (HVM): Producción de gas Hidrógeno mediante procesos electrolíticos, soportados con energía mareomotriz

Al observar de arriba abajo la Figura 2, se observa el flujo de agua y energía al largo de los sistemas de localización de zonas potenciales para localización de plantas HVM (HVM-MAPS), generación eléctrica (HVM-Tidal), tratamiento de agua (HVM-WATER), producción de Hidrógeno (HVM-H₂) y aprovechamiento de salmuera (HVM-SALTY). A continuación, se explican de manera general cada sistema.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



HVM_MAPS: En este sistema se desarrollará un aplicativo (geovisor) y geodatabase con información hidrológica, oceanográfica, geográfica, hidrográfica, económica, ambiental y social. La información estará representada en imágenes, mapas y bases de datos que indicarán zonas estratégicas para la ubicación de las plantas HVM. La herramienta será desarrollada en software de acceso abierto como QGIS y Python. La tecnología inicia en TRL 1 y termina en TRL9.

HVM_TIDAL: Sistema de generación eléctrica está compuesto por turbinas de corriente de marea, y respaldado con un sistema solar fotovoltaico para eventos de interrupción del sistema. Se emplearán dos tipos de turbina mareomotriz. La primera será la turbina de eje vertical conocida por BeamReach, desarrollada por la empresa Tidal Sails SA, la cual se encuentra en TRL6+ y llegará a TRL8. La segunda turbina será una de tipo helicoidal conocida como Erazo-Jaramillo desarrollada por la Universidad del Valle y se encuentra en nivel intermedio de desarrollo tecnológico TRL4 y terminará en TRL 6, y la tercera turbina es la desarrollada por Colturbinas la cual se encuentran en TRL5 y terminará en TRL 7.

HVM-WATER: Sistema de desalinización de agua de mar y salobre a partir de electrodiálisis a escala piloto emplea membranas poliméricas de intercambio iónico desarrolladas por investigadores de la Universidad del Valle. La tecnología se desarrolla por la Universidad del Valle y se encuentra en TRL 2 y terminará en TRL 4.

HVM-SALTY. Sistema aprovechamiento de salmuera y producción de hipoclorito de sodio. Compuesto por electrodos de grafito dentro de una estructura de polipropileno al interior de un tanque de salmuera, y que estos elementos al ser energizados realizan el proceso de electrólisis en el fluido. La tecnología se desarrolla por la Fundación Universidad de América y se encuentra en TRL4 y terminará en TRL6.

HVM-H2: Sistema de producción de Hidrógeno verde, se integra por un reactor electroquímico, compuesto por electrodos anódicos y catódicos. El sistema incluye lámparas de radiación UV que iluminan los electrodos anódicos y catódicos, así como una membrana de intercambio iónico que separa los electrodos anódicos de los catódicos. La tecnología se desarrolla por la Universidad del Valle y se encuentra en TRL4 y terminará en TRL6.

El fortalecimiento de las capacidades de CTel en el Pacífico se fundamenta en una red de aprendizaje técnico y de gobernanza entre los departamentos de Nariño y Valle del Cauca. La integración de los resultados obtenidos en los pilotos del Valle con la información recolectada en los Consejos Comunitarios de Bajo Mira y Frontera (Nariño), el Río Naya (Valle), permitirá consolidar alianzas estratégicas para nuevos desarrollos industriales. Este ecosistema de colaboración no solo dinamiza el empleo especializado en sectores productivos locales, sino que garantiza que la infraestructura tecnológica esté respaldada por modelos de gestión comunitaria sólidos y replicables.

La escalabilidad del proyecto trasciende las zonas de estudio iniciales. Se evidencia un alto potencial de transferencia hacia otros contextos de Zonas No Interconectadas (ZNI), con especial énfasis en municipios como Timbiquí y Guapi en el Cauca, así como en otras regiones del litoral colombiano con características oceanográficas similares. La participación activa de aliados estratégicos como la Gobernación de Nariño y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) asegura que los resultados se materialicen en metodologías de Apropiación Social del Conocimiento (ASC) y lineamientos técnico-económicos

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



de alcance nacional. Estos productos servirán como la base normativa y técnica para la implementación de futuras plantas de Hidrógeno Verde Mareomotriz (HVM) en todo el territorio nacional.

La ejecución del proyecto impactará de manera directa e indirecta con productos y resultados de CTel en el 100% de los departamentos del Pacífico colombiano.

3. PALABRAS CLAVE

Energía mareomotriz, hidrógeno verde, Pacífico colombiano, energía marina, comunidades energéticas, desarrollo tecnológico.

4. ALINEACIÓN CON LA POLÍTICA PÚBLICA

Objetivos de desarrollo sostenible

A continuación, se presentan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se alinean con la propuesta:

Tabla 2. Objetivos de desarrollo sostenible del plan nacional de desarrollo

ODS	Descripción
ODS 7: Energía asequible y no contaminante	<p>Objetivo: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna</p> <p>Metas asociadas</p> <p>7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos</p> <p>7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas</p> <p>7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética</p> <p>7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias</p> <p>7.b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.</p>
ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructuras	<p>Objetivo: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación</p> <p>Metas asociadas</p> <p>9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas</p>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



	9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.
ODS 13: Acción por el clima Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos	<p>Objetivo: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.</p> <p>Metas asociadas</p> <p>13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.</p> <p>13.3 Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.</p>

Tabla 3. Plan Nacional de desarrollo

Política pública Nacional	Articulación con el proyecto
<p>Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022 – 2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”</p> <p>Estrategia transversal: 04. Economía productiva a través de la reindustrialización y la bioeconomía</p> <p>Transformación: 4. Transformación Productiva, internacionalización y acción climática.</p> <p>Pilar: 04. Economía productiva a través de la reindustrialización y la bioeconomía.</p> <p>Catalizador: Reindustrialización en actividades conducentes a la sociedad del conocimiento.</p> <p>Programa: Fomento a vocaciones y formación, generación, uso y apropiación social del conocimiento de la ciencia, tecnología e innovación.</p>	<p>El proyecto se articula con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) al contribuir directamente con los objetivos, sobre educación, investigación científica, protección del medio ambiente y fortalecimiento de la competitividad.</p> <p>Educación: La implementación del proyecto permitirá a las universidades de la alianza generar nuevo conocimiento en el desarrollo de plantas de generación de Hidrógeno verde a partir de energía mareomotriz (HVM)</p> <p>Investigación científica: El proyecto presenta una formulación que impactará de manera directa en la generación de conocimientos con potenciales aportes frente a la lucha contra el cambio climático. Además, contribuye con la generación de respuestas frente a la urgencia de la transición energética. Este enfoque se alinea con la Parte general 4, titulada “Transformación productiva, internacionalización y acción climática”, el catalizador C, titulado "Transición energética justa, segura, confiable y eficiente", y específicamente con el numeral 1, que aborda la "transición energética justa, basada en el respeto a la naturaleza, la justicia social y la soberanía con seguridad, confiabilidad y eficiencia", literal (a) “Generación de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)”.</p> <p>Protección del medio ambiente: el fortalecimiento de la infraestructura de los laboratorios en las universidades para la generación de nuevo</p>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

<p>Estrategia transversal: Los actores diferenciales para el cambio</p> <p>Transformación: Ordenamiento del territorio alrededor del agua</p> <p>Pilar: 2. El agua, la biodiversidad y las personas, en el centro del ordenamiento territorial</p> <p>Catalizador: A. Ciclo del agua como base del ordenamiento territorial</p> <p>Programa: Disponibilidad, a través de estrategias para la reducción de la contaminación y el estrés hídrico, para el uso eficiente y para prevenir los problemas de desabastecimiento por accesibilidad o por efectos de la variabilidad climática.</p>	<p>conocimiento en el contexto del proyecto se alinea con la meta de proteger y conservar el medio ambiente, portando a la educación orientada a la toma de decisiones fundamentadas y la implementación de medidas suficientes para mitigar impactos ambientales los diferentes territorios, promoviendo la sostenibilidad en los sectores productivos. Según las directrices del PND, Colombia busca consolidarse como una región más resistente a las variaciones climáticas, garantizando el acceso a las oportunidades que ello conlleva.</p> <p>Fortalecimiento de la competitividad: la propuesta se enmarca en la política orientada por misiones, específicamente en la misión <i>Energía sostenible, eficiente y asequible</i>. Se alinea con el objetivo de garantizar el acceso y uso de energías seguras y sostenibles para todos los colombianos mediante el desarrollo, adopción y adaptación de tecnologías para la transición energética. La investigación de procesos químicos y electroquímicos permitirá el aprovechamiento de aguas residuales, marinas y de lixiviados para la generación de energía, incrementando así la competitividad en regiones como Caquetá, Boyacá y Quindío.</p>
<p>Política pública de apropiación social del conocimiento (ASC) Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación, Viceministerio De Talento Y Apropiación Social Del Conocimiento Dirección De Capacidades Y Divulgación De La Ctel. Marzo de 2021</p>	<p>Este proyecto se alinea con la política pública de ASC a través del desarrollo de sus cinco líneas estratégicas de acción: 1) Procesos de ASC, 2) Espacios para la gestión de la ASC, 3) Capacidades para la ASC, 4) Investigación con enfoque de ASC y, 5) Gestión para la descentralización de la ASC; mediante la realización de núcleos de formación continuada para las comunidades en los siguientes temas: contexto internacional de la transición, oportunidades en el contexto nacional como las comunidades energéticas, conceptos básicos y tipos de FNCER, apropiación social de conocimiento en nuevas tecnologías de generación eléctrica y sistemas de autogeneración, gobernanza energética y mecanismos de toma de decisiones, análisis de barreras de acceso, dimensionamiento y tipos sistemas, monitoreo, riesgos y mantenimientos, finanzas y administración de sistemas energéticos.</p>

Tabla 4. Alineación del proyecto con políticas o estrategias nacionales y regionales relevantes relacionadas con cambio climático, descarbonización, transición energética, desarrollo social, reindustrialización,

Ámbito	Política / Estrategia	Descripción	Año	Alineación con el Proyecto
Cambio Climático	Ley de Acción Climática (Ley 2169)	Establece la neutralidad de carbono para 2050	2021	El proyecto de hidrógeno verde contribuye directamente a la reducción de emisiones de CO ₂ al

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

		y reducción del 51% de GEI para 2030.		integrar energías marinas como fuente renovable en la transición energética.
	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)	Fortalece la resiliencia y adaptación al cambio climático en sectores clave.	2020	El proyecto fomenta la adaptación a las condiciones climáticas del Pacífico colombiano al aprovechar energía mareomotriz para la producción sostenible de hidrógeno verde.
	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC)	Colombia se compromete a reducir un 51% de las emisiones de GEI para 2030.	2020	La generación de hidrógeno verde con energía mareomotriz ayuda a cumplir los compromisos de Colombia en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
Descarbonización	Estrategia Colombiana de Largo Plazo (E2050)	Hoja de ruta para alcanzar la neutralidad de carbono en 2050, abarcando diversos sectores.	2021	El proyecto es una iniciativa alineada con la meta de neutralidad de carbono a largo plazo, ya que introduce tecnologías de producción de energía limpia y sostenible.
	Ley de Transición Energética (Ley 2099)	Promueve la descarbonización y el uso de energías renovables, hidrógeno verde y eficiencia energética.	2021	El proyecto de hidrógeno verde se enfoca en el uso de energía mareomotriz, impulsando el desarrollo de la industria del hidrógeno como parte de la transición energética justa.
	Programa de Movilidad Eléctrica	Incentivos para la compra y uso de vehículos eléctricos, reduciendo las emisiones del transporte.	2020	Aunque el proyecto no se centra en movilidad, el hidrógeno verde producido podría ser utilizado para aplicaciones de transporte en el futuro, contribuyendo a la movilidad limpia.
Transición Energética	Política de Transición Energética	Impulsa la diversificación de la matriz energética, aumentando la participación de	2020	La integración de energía mareomotriz en la producción de hidrógeno verde diversifica la matriz energética y contribuye a la

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

		energías renovables como solar y eólica.		descentralización de las fuentes de energía.
	Subasta de Energías Renovables	Organiza subastas para aumentar la capacidad instalada de energías renovables.	2019/2021	El proyecto puede beneficiarse de futuros mecanismos de subastas para energías renovables, apoyando la expansión de la energía mareomotriz en el país.
	Plan Nacional de Hidrógeno Verde	Fomenta el desarrollo del hidrógeno verde para descarbonizar la industria y el transporte.	2021	El proyecto está alineado con este plan al desarrollar tecnologías para producir hidrógeno verde con energías renovables no convencionales, como la energía mareomotriz.
	Decreto 829 de Incentivos para Energías Renovables	Beneficios fiscales (IVA, aranceles, deducciones) para proyectos de energías renovables.	2020	El proyecto puede aprovechar incentivos fiscales para su desarrollo y construcción, facilitando la implementación de tecnologías de hidrógeno verde en zonas costeras.
Desarrollo Social	Pacto por la Desigualdad y el Campo (PND 2022-2026)	Mejorar condiciones de vida en el campo mediante inversiones en infraestructura, educación y desarrollo rural.	2022	El proyecto impacta positivamente a las zonas de influencia y dominio de las comunidades aliadas, mejorando las condiciones económicas y sociales mediante el desarrollo industrial.
	Reforma Rural Integral (PND 2022-2026)	Reforma para asegurar la redistribución de tierras, mejorar el acceso a recursos y promover el desarrollo rural integral.	2022	Al desarrollarse en áreas rurales, el proyecto apoya la inclusión de tecnologías limpias y la sostenibilidad económica en comunidades rurales afectadas por el conflicto.
	Sistema Nacional de Cuidado (PND 2022-2026)	Fortalecer los servicios sociales de cuidado, dirigidos	2022	El proyecto fomenta la creación de empleos locales y promueve la participación de las comunidades,

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

		principalmente a mujeres y personas en condiciones de vulnerabilidad.		incluyendo a mujeres, en los sectores de tecnología e innovación.
	Renta Básica (PND 2022-2026)	Propuesta para la implementación de un programa de renta básica dirigida a poblaciones más vulnerables.	2022	El impacto económico del proyecto en las comunidades rurales podría complementar iniciativas como la renta básica, mejorando el bienestar de las familias vulnerables.
	Plan de Soberanía Alimentaria (PND 2022-2026)	Políticas para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria en zonas rurales y urbanas, apoyando a pequeños productores.	2022	El proyecto contribuye indirectamente a la soberanía alimentaria al mejorar la infraestructura y oportunidades económicas en las regiones rurales del Pacífico colombiano.
Reindustrialización	Política Nacional de Desarrollo Productivo	Fomenta la innovación y productividad industrial en sectores clave como la manufactura.	2020	El proyecto impulsa la innovación tecnológica en la producción de hidrógeno verde, fortaleciendo la industria y aumentando la competitividad de Colombia en energías limpias.
	Política de Reindustrialización y Soberanía Energética	Impulsa la reindustrialización con enfoque en energías limpias y sostenibilidad.	2023	El desarrollo de la industria de hidrógeno verde a partir de energía mareomotriz se alinea con los objetivos de soberanía energética y sostenibilidad en la reindustrialización.
	Fondo de Energías Renovables y Eficiencia Energética (FENOGE)	Apoya financieramente proyectos industriales de eficiencia energética y tecnologías limpias.	2021	El proyecto puede acceder a recursos del FENOGE para financiar las plantas piloto de producción de hidrógeno verde y avanzar en la transición energética del Pacífico.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Tabla 5. Alineaciones políticas públicas Valle del Cauca y Nariño

Valle del Cauca	
<p>Plan de Desarrollo Departamental del Valle del Cauca 2024-2027 "Liderazgo que transforma"</p>	<p>Línea estratégica 3. Valle verde, diverso e incluyente Programa: Valle biodiversidad y resiliencia Tienen como objetivo articulado a los Objetivos De Desarrollo Sostenible (ODS) el objetivo 7 del plan nacional de desarrollo "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos."</p> <p>Y tienen como meta: 7.1. Acceso universal a la energía moderna. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos</p> <p>La propuesta va orientada a Estudios de pre-inversión y Servicio de apoyo financiero para la financiación de infraestructura de energía eléctrica en las zonas rurales interconectadas. El programa asociado la meta propuesta se llama "Ruta de la Descarbonización"</p> <p>Mencionando que "el Valle del Cauca es el hub con el mayor potencial de desarrollar la industria de hidrógeno verde del país."</p> <p>Su meta de resultado es: Invertir hasta \$132.410.464.073 pesos en acciones de Gestión Integral de Cambio Climático y Resiliencia en ruta a la descarbonización</p>
<p>Plan Departamental de Desarrollo de Nariño 2024-2027 "Nariño Región País para el Mundo"</p>	<p>Línea estratégica 13. Minería amigable, gas y energías alternativas Programa 49: Energías para la paz</p> <p>Línea estratégica 12. Economía popular, social y solidaria Programa 46. Ciencia Tecnología e Innovación para la transformación regional</p>

5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

5.1. Problema central

Baja disponibilidad de soluciones tecnológicas de energía mareomotriz e hidrógeno verde adaptadas al contexto territorial del departamento del Valle del Cauca, Nariño.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional





5.2. Descripción del problema y la situación existente

La baja disponibilidad de soluciones tecnológicas de energía mareomotriz e hidrógeno verde adaptadas al contexto territorial del departamento del Valle del Cauca, Nariño, es el resultado de:

- Poco conocimiento en la identificación de zonas de aprovechamiento de energía mareomotriz y captación de agua para la generación eléctrica y la producción de Hidrógeno Verde.
- Baja innovación y transferencia en el desarrollo de tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente y de producción de hidrógeno verde que contribuyan al cierre de brechas de acceso a las FNCER en los municipios.
- Limitada ASC en la construcción de estrategias de apoyo financiero y sostenibilidad que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales en los municipios.

Los efectos generados por la problemática en mención han limitado el acceso a la electricidad en las comunidades del Pacífico, específicamente aquellas no interconectadas a la red energética nacional, obligando esto a las poblaciones a emplear combustibles fósiles o a la tala de árboles para producir la energía necesaria para su desarrollo y subsistencia (Ministerio de Minas y Energía, 2022). Esta precariedad ha impactado negativamente la calidad de vida de los habitantes y al medio ambiente, y a su vez, obstaculizando el desarrollo económico y social del municipio. Si bien existen recientes estrategias para la sustitución de la leña para generación de energía a través de nuevas tecnologías como estufas eco eficientes impulsadas por el Ministerio de Minas y Energía (Minenergía, 2023), y que se han empezado a implementar en los municipios del Pacífico colombiano (Minambiente, 2015) la emisión de CO₂ y contaminantes se mantiene.

Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (Nariño).

El territorio del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera abarca una extensión protegida de aproximadamente 46.481 hectáreas, localizadas en el municipio de San Andrés de Tumaco, extendiéndose hasta los límites fluviales y terrestres con el Ecuador.¹ Esta zona es el hogar de 42 comunidades negras que han mantenido una ocupación tradicional por más de 300 años, integrando a cerca de 1.240 familias y una población aproximada de 6.271 personas.¹ La esencia de la vida para estos pobladores se fundamenta en el territorio, concebido como un espacio multidimensional donde la defensa de la vida, el ejercicio de prácticas ancestrales de producción y la organización comunitaria constituyen los pilares del "buen vivir"¹.

El programa "RenHacemos", lanzado en 2025, constituye el esfuerzo más reciente del Gobierno Nacional para transformar las economías ilícitas en el Pacífico nariñense.²¹ A diferencia de programas anteriores como el PNIS, RenHacemos se fundamenta en acuerdos territoriales de sustitución voluntaria, construidos mediante asambleas

¹ Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, Nariño - Volver a nuestras tierras un derecho inaplazable, acceso: mayo 1, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=EGd9yLSgT5M>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



comunitarias y con un enfoque de transformación ecológica y productiva². El programa no solo ofrece compensaciones económicas por la erradicación de la mata de coca, sino que busca sustituir todo el circuito económico del uso ilícito. Los incentivos económicos están condicionados a la erradicación verificada y al compromiso de no resiembra, con transferencias que pueden alcanzar hasta los \$51 millones por familia en casos de hasta tres hectáreas sustituidas.

Los componentes centrales de RenHacemos incluyen:

- Sustitución de Ingresos: Apoyo económico mensual temporal (hasta un salario mínimo) mientras se establecen los proyectos lícitos³.
- Sustitución de Economías: Inversión en infraestructura agroindustrial, centros de acopio y logística para garantizar que los productos lícitos lleguen al mercado a precios justos.
- Bienes Complementarios: Inversión pública en vías, salud, educación y vivienda, elementos indispensables para que la legalidad sea sostenible a largo plazo.

Consejo Comunitario del Río Naya (Valle del Cauca)

El Río Naya es un corredor estratégico que conecta los Andes con el océano Pacífico. Sus comunidades han sufrido un "desarraigo territorial" debido al conflicto, y la carencia de servicios básicos es vista por sus líderes como una forma de violencia estatal por omisión⁴.

En la parte baja del Río Naya, la problemática ambiental por residuos sólidos y la deficiencia del acueducto regional están intrínsecamente ligadas a la falta de energía⁵. El bombeo de agua potable requiere una carga eléctrica constante que las actuales soluciones solares o diésel no pueden suministrar de forma fiable. La siguiente Tabla 6 sintetiza los principales problemas de acceso de la comunidad:

Tabla 6. Problemas de la comunidad por falta de suministro eléctrico de calidad.

Impacto Identificado	Mecanismo de Afectación	Consecuencia Social
----------------------	-------------------------	---------------------

² RenHacemos impulsa sustitución de cultivos ilícitos en Nariño - Radio Nacional de Colombia, acceso: mayo 1, 2026, <https://www.radionacional.co/noticias-colombia/renhacemos-impulsa-sustitucion-de-cultivos-ilicitos-en-narino>

³ RESOLUCION 76 DE 2025 - Colombia - SUIN-Juriscol, acceso: mayo 1, 2026, <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30054829>

⁴ Informe IWGIA: El caso del Naya, acceso: abril 19, 2026, https://iwgia.org/images/publications/0299_El_Caso_del_Naya_-_informe_IGIA_2.pdf

⁵ Reporte final de Proyectos de Control Social Ambiental Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Marzo 2024, acceso: abril 19, 2026, https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2024/05/Informes-Proyectos-CS_Buenaventura.pdf

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Salud Infantil	Fallas en el acueducto por falta de energía para bombeo.	Alta incidencia de enfermedades gastrointestinales.
Carga de Cuidado	Mujeres y niños deben acarrear agua del río y quebradas.	Aumento del trabajo doméstico y deserción escolar femenina.
Gestión de Residuos	Imposibilidad de operar centros de clasificación o compactación.	Contaminación de esteros y proliferación de vectores (mosquitos).

La baja disponibilidad de tecnologías de generación eléctrica mareomotriz y de producción de Hidrógeno verde en la desembocadura del Naya, donde el potencial de corrientes es significativo, impide la creación de un sistema de desalinización o purificación de agua a gran escala. Esto obliga a las comunidades a seguir consumiendo agua de lluvia, que según estudios de la Universidad del Valle en zonas similares (Quibdó), presenta altos niveles de coliformes totales y E. coli⁶.

Barreras Institucionales y la Transición Energética Justa

A pesar de que Colombia cuenta con una "Hoja de Ruta del Hidrógeno" y leyes que incentivan las energías renovables (Ley 1715 de 2014 y Ley 2099 de 2021), la implementación en el Pacífico es lenta⁷. Los expertos señalan que el país enfrenta un riesgo energético por una transición mal planificada que se concentra en grandes hubs industriales en el Caribe, ignorando las necesidades de las ZNI⁸.

1. Altos Costos de Inversión (CAPEX): El hidrógeno verde y la mareomotriz requieren inversiones iniciales

⁶ Evaluación de la calidad del agua lluvia en el pacífico biogeográfico. Estudio preliminar Quibdó, Chocó, Colombia | Ingeniería y Competitividad, acceso: abril 19, 2026, https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/12985

⁷ Viabilidad del Artículo 6 para hidrógeno verde en Colombia - SPAR6C, acceso: abril 19, 2026, https://www.spar6c.org/sites/default/files/downloads/tools/SPAR6C_Analisis_viabilidadH2enA6.pdf

⁸ Colombia está en riesgo energético por transición mal planeada que amenaza industria y competitividad - Bloomberg Línea, acceso: abril 19, 2026, <https://www.bloomberglinea.com/latinoamerica/colombia/colombia-en-riesgo-energetico-por-una-transicion-mal-planificada-que-amenaza-industria-y-competitividad/>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

que superan las capacidades de los presupuestos municipales. Sin mecanismos de financiación climática dirigidos específicamente a comunidades étnicas, estas tecnologías seguirán siendo inaccesibles¹¹.

2. Cuellos de Botella Regulatorios: Entre el 70% y el 75% del tiempo de ejecución de un proyecto energético en Colombia se consume en trámites de licenciamiento, consultas previas y permisos¹². Esto paraliza iniciativas comunitarias que buscan autonomía energética.
3. Falta de Capacitación Técnica: Los proyectos que llegan al Pacífico a menudo fracasan porque no incluyen un componente de transferencia de conocimiento. La RAP Pacífico subraya la necesidad de capacitar a la población local para el mantenimiento de los sistemas, pasando de ser "usuarios" a "operadores" de su propia infraestructura⁹.

El actual Plan Nacional de Desarrollo -PND- (DNP, 2023) en su artículo 23, prioriza la generación de Hidrógeno Verde, aquel producido a partir FNCER, y por vez primera se especifica a la energía mareomotriz como una fuente de energía renovable de interés para Colombia. También, en el artículo 24 del PND se plantean las comunidades energéticas, en donde se promueve el reconocimiento e integración de usuarios locales a ser parte de la generación y comercialización de FNCER y combustibles renovables como el Hidrógeno Verde (HV). Las recientes demandas territoriales del Valle del Cauca han resaltado la importancia de aprovechar los recursos energéticos del océano, ya que en estas demandas se plantea la necesidad de incrementar el nivel de desarrollo e innovación de las tecnologías de generación de energía y almacenamiento de energía a partir de recursos renovables como la energía de las mareas, a través del aumento de la financiación para la generación de nuevos conocimientos, sobre energías renovables durante el periodo 2023-2030.

Es por esto, que el Estado ha definido estrategias como la hoja de ruta para el Hidrógeno verde para Colombia (Minminas, 2022). Al revisar la guía para el desarrollo de la industria del Hidrógeno, se observa que las regiones con las condiciones más favorables para producir hidrógeno verde son: Caribe norte a partir de energía eólica y solar y Andes Norte por la energía solar. Ahora bien, si en el Pacífico colombiano se presentan las tasas de precipitación más altas del mundo, La pregunta que surge es:

¿por qué no se considera la Pacífico colombiano como un actor clave para el desarrollo de la industria del Hidrógeno en Colombia?

Esta pregunta posiblemente se responda por la falta de conocimiento de los recursos energéticos del Pacífico colombiano, específicamente las energías marinas, lo que impide la posibilidad de que la región pueda ser considerada como participe en la producción del sector energético. Este desconocimiento ha permitido que el desarrollo de una hoja de la ruta del hidrógeno (Minminas, 2022), sólo considere a la alta disponibilidad de la energía solar y eólica del Caribe y Andes norte como suficiente para desarrollar una industria del H2 sostenible, pero posiblemente se están tomando decisiones de Estado sin tener aún respuesta de los siguientes interrogantes:

⁹ PLAN ESTRATÉGICO REGIONAL PACÍFICO - RAP Pacífico, acceso: abril 19, 2026, https://rap-pacifico.gov.co/wp-content/uploads/2020/08/Relatorias-Mesas-Participativas-Nov_PER-Paci%CC%81fico.pdf



- ¿De dónde se obtendrá el agua dulce para producir Hidrógeno?
- ¿El balance hídrico de las fuentes de agua podrá soportar la producción de Hidrógeno?
- ¿La calidad del agua requerirá tratamientos avanzados de remoción de sales o contaminantes que puedan incrementar los costos de producción?

Si estas preguntas, como de otras que puedan ir apareciendo no se responden de manera suficiente, es probable que se ponga en riesgo la calidad y cantidad del recurso hídrico en las regiones más prometedoras del país para producir Hidrógeno. Poner en riesgo impactaría la dinámica natural de los ecosistemas, incluyendo a las comunidades que dependen del acceso al agua para subsistir.

5.3. Magnitud actual del problema indicadores de referencia

De acuerdo con el reporte del Ministerio de Energías (<https://www.minenergia.gov.co/es/ecosistema-hidrogeno-colombia/proyectos/>) actualmente en Colombia hay 10 proyectos en operación.

Número de proyectos de hidrógeno operando en Colombia	10 (fuente de información consultada el 6 de mayo de 2026 https://www.minenergia.gov.co/es/ecosistema-hidrogeno-colombia/proyectos/)
---	--

Se identifica una Línea Base (LB) = 0 (nula) en cuanto a la solución tecnológica de energía mareomotriz y producción de hidrógeno verde para comunidades energéticas en el Valle del Cauca y Nariño (Tabla 7).

Tabla 7. Línea Base.

Indicador del Objetivo General	Valor de Línea Base (LB)	Fuente de Información	Relación Técnica
Nombre: Planta piloto HVM instalada.	LB = 0 sistemas HVM en comunidades energéticas del Pacífico colombiano.	Inventario nacional de FNCER - IPSE / UPME (2025-2026).	El OE2 aborda la brecha de acceso (LB=0) mediante el desarrollo e instalación de la infraestructura.

Tabla 8. Referencias de los estudios

Estudio	referencia
---------	------------

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Polo, J., Rodríguez, J., & Sarmiento, A. (2008). Tidal Current Potential for Energy Generation along the Colombian Coastline. Rev. Ing.	http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-49932008000200014&lng=es&nrm=is&tlng=en
Osorio, A. F., Ortega, S., & Arango-Aramburo, S. (2016). Assessment of the marine power potential in Colombia	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115010278
Quintero, G., & Rueda-Bayona, J. G. (2021). Tidal Energy Potential in the Center Zone of the Colombian Pacific Coast.	https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/3202
Rueda-Bayona J.G et al. (2023) Effect of Sea Level Rise and Access Channel Deepening on Future Tidal Power Plants in Buenaventura Colombia	https://www.mdpi.com/2412-3811/8/3/51
Rueda-Bayona J.G & Parrado D (2024) Three-Dimensional Hydrodynamic and CFD Modeling of a Tidal Barrage Power Plant without Sluicing in Buenaventura, Colombia	https://www.mdpi.com/2412-3811/9/8/127

5.4. Árbol de problemas

El desarrollo integral de las comunidades del Pacífico colombiano se ha limitado por diversas causas, y en la siguiente tabla se describen el problema central que aborda la presente propuesta de investigación.

Tabla 9. Árbol de problemas

Efectos indirectos	Deterioro ambiental por el bajo uso de fuentes de energía alternativas	Vulnerabilidad en la capacidad de generación eléctrica de los sistemas tradicionales ante eventos climáticos extremos	Bajo cumplimiento de metas nacionales de reducción de GEI y descarbonización.
Efectos directos	Limitado o nulo acceso al suministro eléctrico y a combustibles como el Hidrógeno verde.	Baja diversificación de la matriz de generación energética del país	Limitada integración de actores en la política de transición energética del país

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Problema Central	Baja disponibilidad de soluciones tecnológicas de energía mareomotriz e hidrógeno verde adaptadas al contexto territorial del departamento del Valle del Cauca, Nariño.		
Causas directas	Limitado conocimiento en la identificación de zonas de aprovechamiento de energía mareomotriz, captación de agua y generación eléctrica que permita la producción de Hidrógeno Verde en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.	Bajo desarrollo tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente y de producción de hidrógeno verde considerando la innovación y su transferencia que contribuyan al cierre de brechas de acceso a las FNCER en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.	Débiles estrategias de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.
Causas indirectas	Nuevo conocimiento en investigación técnica científica en la implementación de nuevas tecnologías para la transición hacia energías limpias contribuye al desarrollo sostenible	Prototipos y pilotos viables técnicamente transferible a las comunidades adaptado a las condiciones locales	Transferencia de conocimiento con modelos financieros sostenibles desde la ASC que faciliten transición energética en las comunidades.

6. ANTECEDENTES

La necesidad de adaptarse y tomar acciones frente al cambio climático, así como alcanzar sociedades modernas, productivas y sostenibles, ha generado el tránsito hacia la descarbonización de las economías. “Históricamente, América Latina y el Caribe han tenido la matriz energética más limpia del planeta, gracias a sus extraordinarios recursos hídricos. En 2018, las fuentes renovables representaron el 58% de la generación total de electricidad en América Latina y el Caribe” (Ministerio de Minas y Energías, 2021).

En este sentido, Colombia, se ha convertido en uno de los líderes de la región en materia de transición hacia energías más limpias, ocupando el sexto lugar, al pasar del puesto 49 al 35 en el ranking de sostenibilidad energética del Consejo Mundial de Energía. Dicha transición se evidencia en la creación e implementación de políticas públicas orientadas a este fin, en las que participan tanto el sector público como privado. Entre las estrategias desarrolladas, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) presentó en el 2016 el “Plan de expansión de generación 2015-2029”, el cual pretende impulsar la implementación de nuevas tecnologías de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales. No obstante, estos esfuerzos se han enfocado más hacia las regiones Caribe y centro Andino del país, quedando la región Pacífica un tanto rezagada.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Al observar el más reciente reporte de proyectos registrados en generación de energía eléctrica a partir de Fuentes en Energía Renovable no Convencional (FNCER), se evidencia el rezago del Pacífico colombiano Figura 3. De esta imagen se concluye que el mayor número de proyectos de energía solar y eólica se concentran en los departamentos de Guajira y el Atlántico, donde, el estado de los proyectos Para el Pacífico colombiano se resume a continuación:

Tabla 10. Proyectos FNCER activos en 2026 para el Pacífico colombiano¹⁰.

Departamento	Proyectos Registrados	Fuentes Predominantes	Capacidad Destacada
Valle del Cauca	10 (Estrategia 6GW+)	Solar, Biomasa, PCH	84,7 MW (SIN) + 95,8 MW (Bioenergía)
Cauca	5 (Estrategia 6GW+)	Solar, Cogeneración, Biogás,	20 MW en construction
Chocó	23 (Registros Activos)	Solar (ZNI), PCH	+200 MW en diversas fases
Nariño	6+	Solar, Biogás (Palma), PCH	30 MW (Alianza Bia-Evolti)

La baja participación del Pacífico colombiano en el contexto nacional de FNCER obedece a que el recurso eólico y solar tienen menor potencial de aprovechamiento con fines comerciales con respecto a otras regiones del país. De manera más precisa, el recurso primario en el Pacífico colombiano no es suficiente para lograr la viabilidad del desarrollo de proyectos solares y eólicos de gran escala, que requieren valores nominales de aproximadamente 4 KWh/m² de radiación solar, y velocidad de viento de más de 10 km/h.

¹⁰ <https://www.energiaestrategica.com/colombia-supera-los-3-gW-solares-y-revela-los-10-proyectos-mas-potentes-del-pais/>

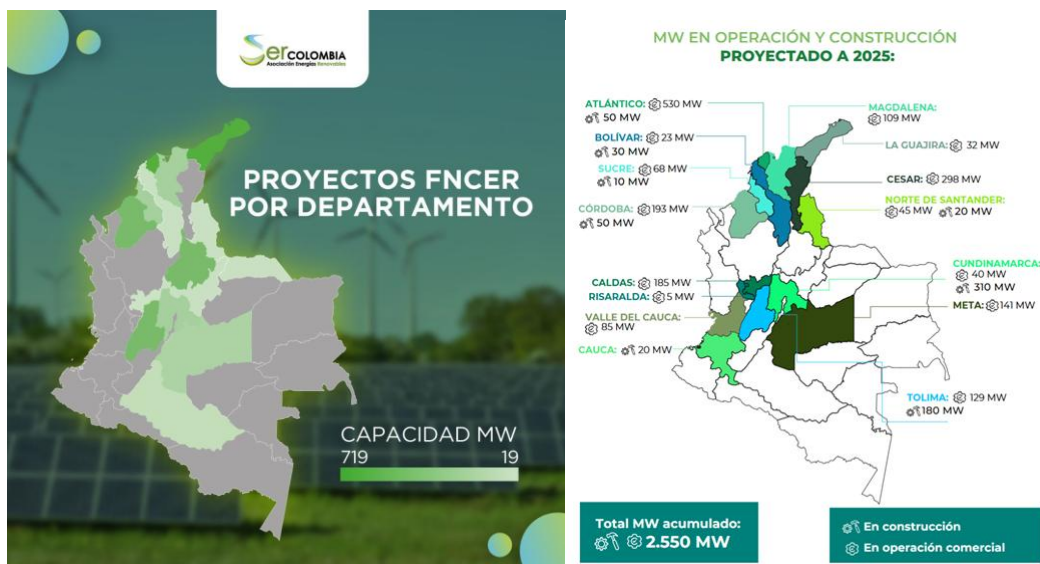


Figura 3. Proyectos registrados en la UPME de generación eléctrica mediante FNCER a 2023 y en operación y construcción a 2025 (SER_Colombia, 2025).

Según información reportada por el Ministerio de Minas y Energía la región pacífica es la que tiene la mayor cantidad de Zonas No Interconectadas (ZNI) con 1.379¹¹. las cuales, por sus características geográficas y las dificultades de acceso, no se conectan al Sistema Interconectado Nacional (SIN); de ahí que la provisión del servicio eléctrico se atienda mediante soluciones aisladas como sistemas fotovoltaicos, eólicos o soluciones híbridas (solar y diésel). No obstante, esta región se caracteriza por tener un potencial bajo tanto en el recurso solar como eólico, mientras que recursos energéticos de origen marino prácticamente no cuentan con información existente en el área de influencia, lo cual incide en la poca capacidad instalada de tecnología para su potencial aprovechamiento. Como resultado, se presenta como problema central *Baja disponibilidad de soluciones tecnológicas de energía mareomotriz e hidrógeno verde adaptadas al contexto territorial del departamento del Valle del Cauca y Nariño*. La mayoría de los estudios o investigaciones en Colombia en este aspecto llegan hasta un nivel 1 de madurez tecnológica (TRL 1), representado en investigaciones de nivel básico.

Debido al rezago de desarrollo tecnológico, que permita la cobertura en el servicio eléctrico de las ZNI, persisten las poblaciones con limitado o nulo acceso a la electricidad. Para 2018, cerca de 495.000 hogares, no contaban con acceso al servicio de electricidad, de esos 36,264 están ubicados en Nariño. Esta problemática acentúa los niveles de desigualdad de la región (60% de NBI), aumentando los niveles de pobreza, generando un impacto negativo en el ambiente producto de la tala y quema de árboles usados como leña para suplir la necesidad de

¹¹ De estas, entre Nariño y Valle hay 681 (600 en Nariño y 81 para Valle del Cauca).

energía y desencadenando un atraso en el desarrollo integral de estas localidades. [(Consejo Privado de Competitividad | Confiabilidad, Cobertura y Calidad Del Servicio de Energía - Consejo Privado de Competitividad, n.d.)¹]

Aunado a esto, otros aspectos han contribuido a esta falta de desarrollo tecnológico, como son el enfoque limitado en la política de transición energética y, por ende, a la no diversificación de la matriz de generación energética, que actualmente está compuesta por el 1 % de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) (Ministerio de Minas y Energías, 2021). Como resultado, la matriz energética del país es vulnerable a los eventos de variabilidad y cambio climático, ya que cerca del 63% la energía hidroeléctrica se afecta sensiblemente por las sequías. Esta problemática se hizo más evidente durante la reducción de la disponibilidad de energía hidroeléctrica que generó el fenómeno del Niño en Colombia en el periodo 2015- 2016 (Morejón et al., 2019) así como la reducción de los niveles de los embalses cercanos a un 27 % que presionaron el sistema de generación eléctrica nacional y los altos costos de los hidrocarburos del momento, llevando al país al borde de una crisis energética (Mora, 2024).

Así mismo, se tiene como efectos el rezago en el alcance de las metas de disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el sector minero energético, que contribuye con el 11% del total de emisiones de GEI del país y cuyo objetivo es disminuir estas en 11.2 millones de toneladas de CO₂. El impacto de estos eventos extremos de sequía ha afectado el comportamiento de Colombia en la medición del trilema energético definido por el Consejo Mundial de Energía (WEC, en inglés). El más reciente reporte del WEC publicado para el 2023, indicó que Colombia redujo su calificación en aspectos de seguridad energética lo que ha impactado negativamente los precios de energía eléctrica y combustibles la intensidad final de energía, y las emisiones de CO₂ per cápita.

6.1. Identificación de zonas con potencial de energía mareomotriz en Colombia.

A nivel internacional se han desarrollado estudios para identificar zonas con alto potencial de generación de energía por mareas, de los que se presentan los estudios realizados con una metodología similar a la de esta propuesta de investigación. (T. Liu et al., 2018) emplearon un modelo de alta resolución para evaluar el potencial de energía corrientes de mareas en Kuroshio. Los investigadores realizaron mediciones de ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) para validar el modelo y presentaron propuestas de implementación de la tecnología de Waldman et al. (Waldman et al., 2017) implementaron dos modelos hidrodinámicos a escala regional de las aguas Pentland Firth y Orkney mediante el uso de las herramientas computacionales MIKE 3 y Delft3D para calcular potenciales de energía de marea a partir de las corrientes modeladas. El estudio concluyó que los modelos desarrollados son adecuados para una evaluación a gran escala de los efectos de la extracción de energía.

Rahman & Venugopal (Rahman & Venugopal, 2017) emplearon los modelos Telemac3D y Delft3D para generar corrientes simuladas y así calcular potenciales de energía de marea Escocia. La investigación resaltó que la mayoría de las investigaciones realizadas se han centrado en el uso de modelos 2D promediados en la vertical lo que se considera poco aproximado a la hidrodinámica natural. Los autores concluyeron que el modelo Delft3D fue más preciso que el Telemac3D las simulaciones hidrodinámicas.

Los estudios publicados a nivel nacional sobre el potencial de energía mareal en Colombia son limitados según lo encontrado en la revisión del estado del arte. Se encontró que Polo et al. (Polo et al., 2008) calcularon

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

potenciales de energía por corrientes de marea a lo largo de la costa pacífica colombiana. La investigación evidenció 45 posibles bahías en las cuales el potencial energético calculado fue de 120,000 kW, sin embargo, los autores no indicaron si el potencial es mensual o diario. Osorio et al. (Osorio et al., 2016) emplearon un modelo hidrodinámico bidimensional para simular corrientes en la zona costera centro del pacífico colombiano. Aunque el estudio menciona que calcularon potenciales de energía de marea en la zona costera sur (Tumaco), no se encontró información en su trabajo relacionada a esa afirmación. En la Zona Costera Centro (ZCC) recientemente se publicó un estudio elaborado por uno de los investigadores de la presente propuesta, en donde se presentan los potenciales de energía por corrientes de marea para ser aprovechados por microturbinas para la generación de energía eléctrica (Quintero & Rueda-Bayona, 2021) Buenaventura (Quintero & Rueda-Bayona, 2021).

Los dos estudios más recientes sobre energía mareomotriz en Colombia fueron publicados en 2023 y 2024 respectivamente por el líder de la presente propuesta de investigación, el profesor Juan Rueda. En el primero se analiza el efecto del dragado y el aumento del nivel del mar sobre el potencial de energía cinética mareomotriz que podría aprovecharse a través de turbinas de corriente al interior de la Bahía de Buenaventura. Este estudio indicó que en la bahía se presentaron velocidades de corrientes entre 0.25 y 1 m/s las cuales se podrían aprovechar a través de turbinas de corriente (Rueda-Bayona et al., 2023). El segundo estudio calculó las potencias de generación eléctrica de una planta mareomotriz de presa de marea sin compuertas, y resaltó que Buenaventura tiene el potencial de producir hasta 130.7 MW en el estero de agua dulce, ubicándola como la tercera ubicación a nivel mundial con potencial de generación eléctrica mareomotriz, después de las existentes plantas de la Rance y Sihwa.

Tabla 11. Potencias instaladas.

Parameter	Buenaventura (Future)	La Rance	Sihwa	Jiangxia	Annapolis	Kislaya Guba
Tidal range (m)	3.7	11	9.8	5.1	6.4	2.3
Turbine number	24	24	10	6	1	1
Turbine type	Preliminarily Kaplan or Bulb	Bulb	Bulb	Bulb	Rim	Savonius
Generated power by 1 turbine (MW)	5.45	10	26	3.9	20	1.7
Total installed capacity (MW)	130.8	240	260	23.4	20	1.7
Basin area (Km ²)	7.3	22	56	1.4	15	1.1
Mean tidal range (m)	3.5	8.5	5.6	5.1	6.4	2.3

Fuente: <https://www.mdpi.com/2412-3811/9/8/127>

Este último estudio evidencia el gran potencial de Buenaventura en generación eléctrica, sino que hay otras zonas al interior de la Bahía que podrían aumentar su capacidad de generación. La tecnología de presas de marea es la única tecnología marina con TRL 9, la cual es utilizada desde 1966 en La Rance (Francia). La planta más reciente construida se conoce como Sihwa, ubicada en Corea del Sur, siendo actualmente la planta con mayor capacidad de generación eléctrica (260 MW). Si bien las presas de marea han tenido detractores, por la necesidad de retención de agua a través de compuertas, se ha demostrado que en el caso de la planta de Sihwa, los índices de calidad de agua mejoraron después de entrar en funcionamiento la planta (Parrado & Rueda-Bayona, 2024).

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La presa de marea estudiada en el trabajo de Rueda-Bayona 2024 (Parrado & Rueda-Bayona, 2024), no posee compuertas, entonces no existe retención de agua. Por consiguiente, los riesgos que se podrían presentar al retenerse agua por compuertas se reducen significativamente. En ese sentido, la presente propuesta de investigación consideró los impactos negativos y positivos del estado del arte de la tecnología de presas de marea, y dentro de la metodología propuesta, se establecieron actividades específicas de modelamiento de la calidad del agua y la evaluación ambiental.

Con todo este potencial de generación eléctrica y de producción de Hidrógeno, el creciente interés de empresas locales en fomentar el uso doméstico del Hidrógeno verde a través de sistemas de generación local y uso de estufas especializadas, y la necesidad de diversificar la matriz energética nacional, se hace necesario fomentar el desarrollo de la producción de hidrógeno verde mareomotriz en el Pacífico colombiano (JM, 2020).

A continuación, se presentará el estado del arte del desarrollo de la tecnología mareomotriz, de la producción de Hidrógeno verde y de la integración de energía mareomotriz para la producción de Hidrógeno verde. También se presentará el estado de desarrollo de las tecnologías a emplear en las plantas piloto HVM que se proponen construir en la presente propuesta de investigación.

6.2. Desarrollo tecnológico energía mareomotriz.

Las tecnologías marinas en los últimos años han presentado un intenso desarrollo, donde la energía mareomotriz es la que más avance ha tenido Figura 4, principalmente la tecnología tipo presa de marea o tipo embalse (Tidal range ó tidal barrage, en inglés).

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

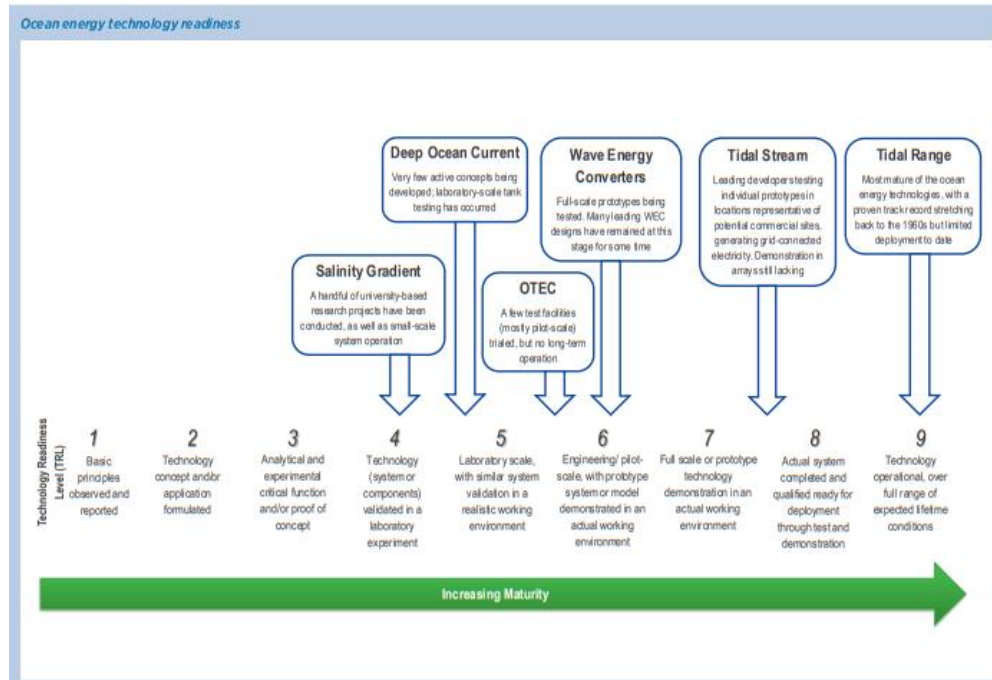


Figura 4. Desarrollo tecnológico en las energías marinas (*Ocean Energy Technologies Patents Deployment Status and Outlook*, n.d.)

La actual capacidad de generación eléctrica acumulada de la energía mareomotriz es a la fecha superior a las otras energías marinas, donde lidera la tecnología tipo presa de marea con 521.5 MW y las turbinas de corriente con 10.6 MW (Figura 5).

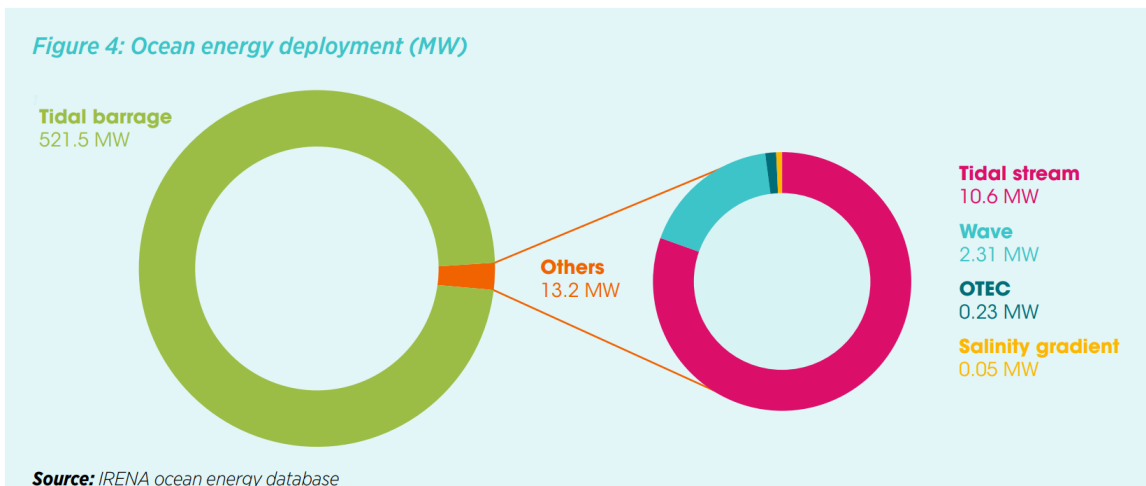


Figura 5. Capacidad instalada acumulada por tipo de energía marina.
Fuente: (Renewable Energy Agency, 2020)

Se espera que, con el avance de las investigaciones y desarrollo tecnológico, las turbinas de corriente (Tidal Stream, en inglés), acorten su distancia con respecto a la tecnología tipo embalse, e inclusive la supere en cobertura (Figura 6). Así las cosas, Colombia tiene una gran oportunidad de ser parte de este avance en la implementación de nuevos proyectos de generación eléctrica mareomotriz, lo que contribuiría a desarrollar la Industria nacional del Hidrogeno Verde Mareomotriz (HVM).

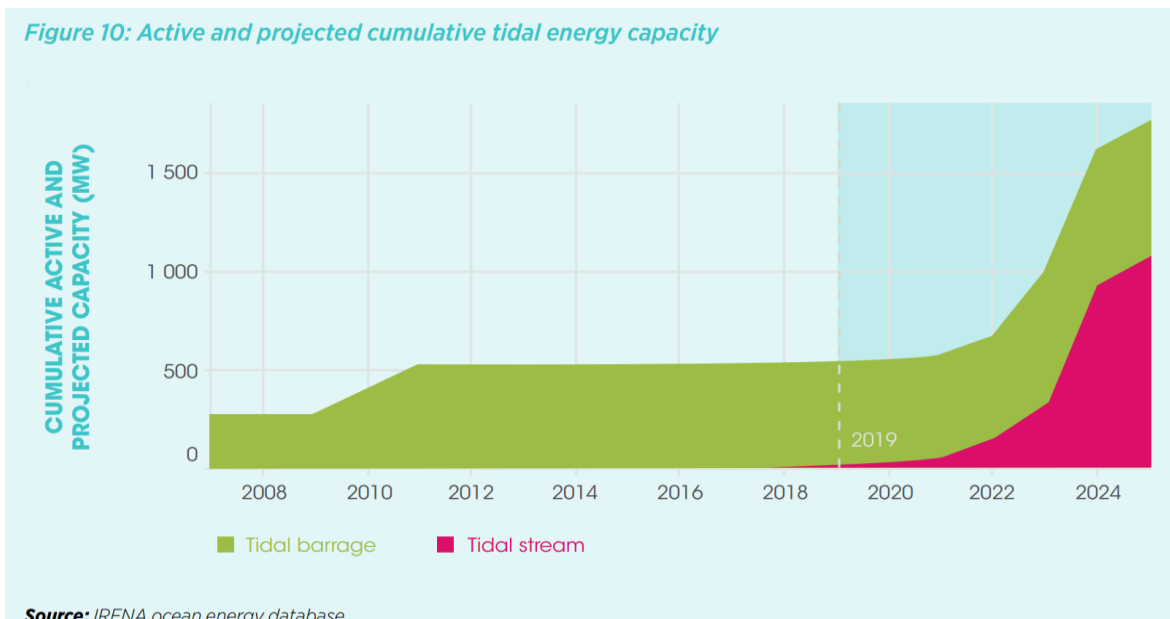


Figura 6. Proyectos de energía mareomotriz en operación y por iniciar.
Fuente:(Renewable Energy Agency, 2020)

El desarrollo tecnológico de la energía mareomotriz ha sido menor con respecto a otras tecnologías convencionales de generación eléctrica a partir de fuentes renovables como la eólica y solar. La razón, se requieren características hidrodinámicas y oceanográficas específicas para el aprovechamiento de la energía mareomotriz, por ejemplo, alturas de marea y velocidades de corriente. En este sentido, la tecnología mareomotriz se ha desarrollado en pocos lugares a nivel mundial debido a que se ha considerado que deben existir mareas superiores a 5 m para un aprovechamiento sostenible. Sin embargo, el desarrollo tecnológico de nuevas turbinas de corriente capaces de operar a velocidades igual o menor a 1 m/s, ha impulsado la ejecución de recientes proyectos de investigación, como la construcción de la planta tipo embalse conocida como Sihwa en Corea del Sur. Durante la revisión de literatura, fue posible identificar diferentes proyectos en curso, relacionados con el desarrollo de tecnologías para la conversión de energía mareomotriz. De los datos analizados se encontró que la mayor cantidad de desarrollos se están realizando en turbinas de flujo axial (eje horizontal), y en segundo lugar se encuentran investigaciones en turbinas de flujo cruzado o flujo transversal (*Ocean Energy Technologies Patents Deployment Status and Outlook*, n.d.; *Tidal Energy: Technology Brief*, n.d.; Renewable Energy Agency, 2020).

El reciente informe del programa de colaboración tecnológica Ocean Energy Systems (OES, 2023), integrado por varios países bajo los lineamientos de la Agencia Internacional de Energía (IEA), presenta un recuento de los proyectos de energía mareomotriz en desarrollo o fase de seguimiento, en el cual se reportaron un total de 13 distribuidos en las siguientes regiones:

América del Norte: 03

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Europa y Reino Unido: 08

Asia: 02.

Otros desarrollos en curso se citan textualmente del documento así:

- SeaCurrent, empresa holandesa que está avanzando hacia una demostración de su cuarto sistema TidalKite en Ameland en el Mar de Wadden.
- La empresa canadiense BigMoon Power está lista para desplegar su dispositivo de energía mareomotriz Falcon en la Cuenca Minas de la Bahía de Fundy.
- Jupiter Hydro, también con sede en Canadá, avanza en su proyecto de turbinas helicoidales en la Bahía de Fundy.
- NewEast Energy, otra empresa canadiense, está trabajando para implementar su proyecto de 800 kW con cuatro generadores de energía EnviroGen™ como parte de una matriz flotante conectada a la red en el Pasaje Minas de la Bahía de Fundy.
- Yourbrook Energy Systems, con sede en Columbia Británica, continúa con el desarrollo de su Proyecto de demostración de energía mareomotriz Kamdis en Masset Inlet, Haida Gwaii, que está diseñado para servir a comunidades rurales y remotas.
- GEM Ocean's Kite diseñado por las empresas italianas ADAG y SeaPower s.c.r.l. han sido probados en la laguna de Venecia y hay planes para instalar un prototipo de 300 kW en el Estrecho de Messina.

A 2026, la tecnología de turbinas de corriente de eje vertical que ha reportado capacidad de generar energía en velocidades entre 1 y 2 m/s es la BeamReach desarrollada por Tidal Sails (<https://tidalsails.com>); actualmente se construye en India el primer proyecto demostrativo a escala comercial de la tecnología con capacidad instalada de 500 kW. Es la cuarta generación de innovación en energía hidrocínética, combinando los principios milenarios de la navegación a vela con la robustez de los sistemas de transporte por cable (ropeway) de alta montaña. A diferencia de las turbinas tradicionales, este sistema utiliza una serie de "velas" de aluminio reciclable unidas a una cadena o guaya de fibra, lo que le permite alcanzar su potencia nominal (rated power) a velocidades de corriente tan bajas como 3 nudos (1.5 m/s). Mientras que las turbinas convencionales apenas generan entre un 10% y 15% de su capacidad a esa velocidad, BeamReach aprovecha una sección transversal del flujo mucho más amplia, logrando una eficiencia hasta 40 veces superior en corrientes lentas. Su diseño es modular (desde 100 kW hasta 10 MW), carece de caja de cambios (gearbox-free) y opera de forma totalmente sumergida, lo que garantiza un bajo costo de mantenimiento y un impacto visual nulo.

Resumen de especificaciones técnicas:

- Velocidad de arranque nominal: 3 nudos (punto de máxima eficiencia).
- Diseño: Velas de aluminio auto limpiantes y rodamientos lubricados por agua.
- Escalabilidad: Configuraciones modulares adaptables a ríos y canales marinos.
- Impacto Ambiental: Silencioso, sin emisiones y seguro para la fauna marina (velocidad de rotación baja).
- Mantenimiento: Sistema de transmisión directa (Direct Drive) que elimina fallas mecánicas comunes en multiplicadoras.

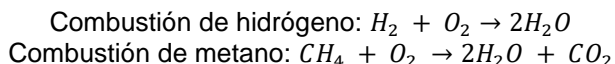
Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Las turbinas BeamReach son el componente clave para la propuesta de Hidrógeno Verde en el Pacífico colombiano, debido a que el litoral sur de Colombia presenta corrientes moderadas donde las turbinas de alta velocidad no serían rentables. La capacidad de BeamReach para mantener una generación constante y predecible a bajas velocidades asegura un suministro eléctrico estable para los electrolizadores, optimizando la tasa de producción de hidrógeno. Además, al ser un sistema de movimiento lento y estar instalado por debajo de las rutas de navegación, cumple con los rigurosos estándares ambientales necesarios para proteger la biodiversidad marina del Pacífico, facilitando los procesos de licenciamiento y la integración con las comunidades locales.

En Colombia no existe una empresa que desarrolle turbinas de corriente mareomotrices, pero hay empresas que comercializan e importan turbinas para implementar plantas hidroeléctricas como COLTURBINAS LTDA, ubicada en Barranquilla e investigadora aliada en la presente propuesta de investigación HVM. Es una empresa con más de tres décadas de experiencia en el mercado, y se dedica al diseño, planificación, ejecución y mantenimiento de proyectos de ingeniería relacionados con diferentes tipos de turbinas, como las hidráulicas (i.e Pelton, Michel, Banki, Francis), turbinas a gas y turbinas a vapor. Tiene un equipo de profesionales altamente capacitados respaldados por un taller industrial de 5000 m cuadrados para realizar todos los procesos de metalmecánica y electromecánica. También posee experiencia en la operación, mantenimiento y reparación de motores Cummins.

6.1. Producción de Hidrógeno verde.

El hidrógeno es el elemento más abundante del universo. También es el combustible más limpio y uno de los más eficientes. La gran ventaja del H₂ es que, en su combustión con oxígeno del aire, produce como única emisión a la atmósfera vapor de agua, no produce CO₂, a diferencia de la combustión de metano (CH₄), gas natural y combustibles fósiles.



El aprovechamiento energético del H₂ no es ningún hallazgo reciente. De hecho, se conoce hace más de dos siglos. Sin embargo, tiene muchos inconvenientes. El más importante de ellos, es que es muy difícil encontrarlo de forma aislada en la tierra. Adicionalmente, el H₂ se obtiene a partir de cuatro materias primas. Del gas natural mediante el reformado con vapor (48 %), del petróleo (30 %) y del carbón (18 %) por medio de la gasificación, y del agua a través de la electrólisis (4 %) (Minminas, 2022);(Lopez et al., 2022)

La producción de hidrógeno a partir de fuentes como gas, petróleo y carbón, conocida como "hidrógeno gris", genera grandes cantidades de dióxido de carbono (entre 10 y 20 kg de CO₂ por cada kg de H₂ producido). A pesar de esto, este método sigue siendo el más común y económico (Ramirez, 2023). Una posible solución a este problema es la captura y almacenamiento de carbono, que evita que el CO₂ se libere a la atmósfera. Esto da lugar a lo que se conoce como "hidrógeno azul" (1 a 2 kg de CO₂ por cada kg de H₂ producido). No obstante, esta tecnología aún presenta desafíos logísticos significativos y no es completamente efectiva, ya que parte del CO₂ generado puede escapar (Fouz et al., 2022a); (Jahangir et al., 2020a). ¿Hay alternativas más sostenibles? La respuesta es sí. La meta es producir el H₂ verde solo a partir de las energías renovables. Pero por el momento menos del 1 % del hidrógeno producido en todo el mundo se obtiene de esta forma. El método para producir el hidrógeno verde es un viejo conocido para los científicos electroquímicos, la electrólisis del agua (Ec. 1) (Rueda-

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Bayona et al., 2019a);(Gan et al., 2015a). Consiste en descomponer el agua en moléculas de oxígeno e hidrógeno con corriente eléctrica continua, usando dos conductores electrónicos o electrodos (cátodo y ánodo) conectados al polo positivo y el negativo de una fuente de poder. Esta fuente de poder proviene de fuentes de energía renovables no convencionales tales como solar, biomasa, viento, geotérmica, hidroeléctricas pequeñas, mareas, entre otras. Bajo estas condiciones, las emisiones al ambiente en las diferentes etapas de la cadena de producción de H₂, se aproximan a cero CO₂ y también a un bajo costo.

En un proceso de electrólisis, el agua no es un buen conductor de electricidad, por lo que se requiere de un electrolito soporte que generalmente consiste en sales disueltas, como cloruros, sulfatos, carbonatos y fosfatos. Estos componentes se encuentran comúnmente en aguas residuales y aguas marinas. Durante la electrólisis del agua, el oxígeno se concentra en el electrodo positivo (ánodo), mientras que el hidrógeno se acumula en el electrodo negativo (cátodo). Sin embargo, a nivel industrial, este proceso resulta bastante costoso (Rueda-Bayona et al., 2019). De hecho, la producción de hidrógeno a través de la electrólisis es al menos dos veces más cara que la producción a partir de gas natural.

En la actualidad, el costo promedio para la producción de 1 kg de H₂ oscila entre 1 y 4 USD\$ (Bortolini et al., 2015) (Figura 7). La meta global es reducir el precio a aproximadamente 1 USD\$/kg de H₂ para el año 2030 (Blum et al., 2013)(Ceylan & Devrim, 2023a). Para lograrlo, se han propuesto varias estrategias por parte de diversos autores, que incluyen la modificación de los materiales de los electrodos (Sarker et al., 2023), desarrollo de membranas de bajo costo y alta eficiencia (Minminas, 2022); (Ceylan & Devrim, 2023a) y optimización energética (Kamali, 2016a).

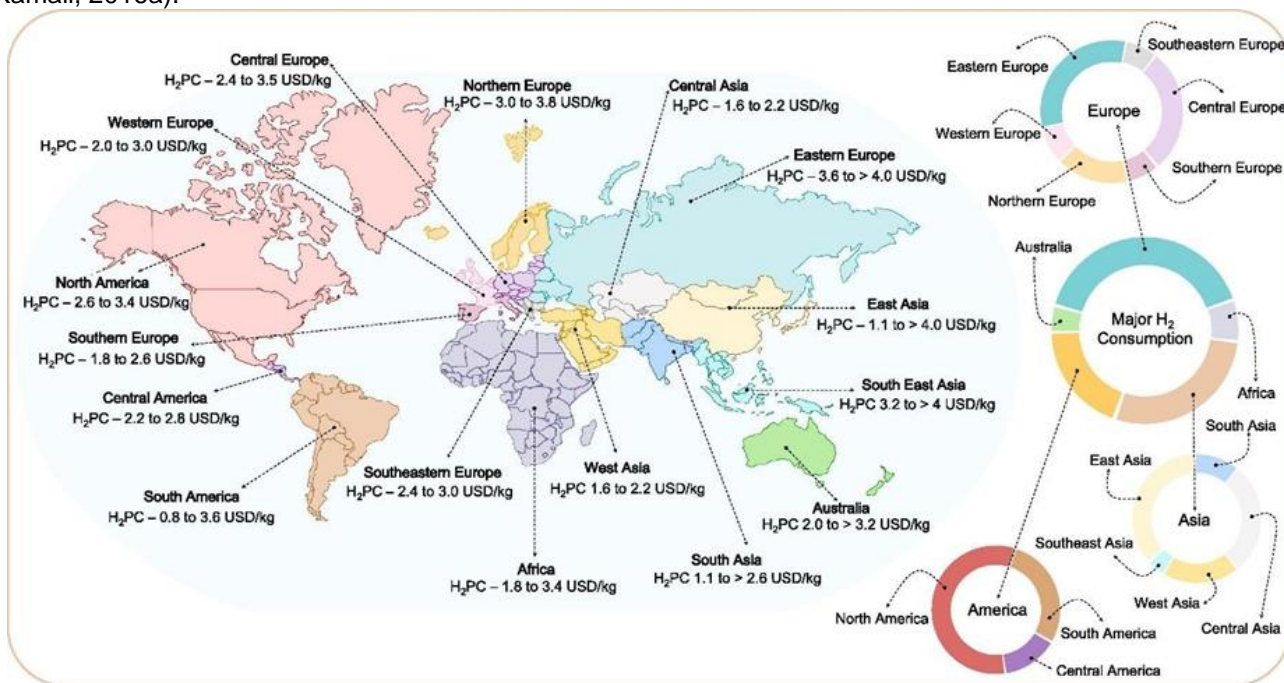


Figura 7. Costo de producción de hidrógeno a nivel mundial

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Si se logra alcanzar la meta propuesta, el hidrógeno podría convertirse en una de las principales fuentes de energía. Para ello, electricidad proveniente de las instalaciones eólicas, fotovoltaicas pueden aprovecharse para generar H₂ verde. Cada vez más empresas comienzan a verlo como una opción viable y más aún ante la escalada de precios en los mercados de emisiones de dióxido de carbono. Además, si se aprovechan otras energías alternativas, como la mareomotriz, se puede garantizar una producción continua, sin depender de la variabilidad de disponibilidad por condiciones meteorológicas (Kong et al., 2019a). ¿Pero qué se puede hacer con el hidrógeno exactamente? La mayor parte del hidrógeno producido hoy tiene fines industriales, el más extendido es la fabricación de amoníaco, un compuesto químico empleado en fertilizantes, productos de limpieza o incluso explosivos (Rueda-Bayona et al., 2022). Pero en un futuro libre de emisiones de efecto invernadero se plantean nuevos escenarios para el H₂. Como almacenamiento de energía para su uso posterior, para la producción de calor por ejemplo en fundiciones de acero, fábricas de cemento, o calefacción de hogares y por supuesto en el transporte, tanto en vehículos ligeros como en otros más pesados como camiones, aviones o incluso barcos.

Los vehículos de H₂ pueden funcionar con un motor de combustión parecido al de la gasolina, las llamadas pilas de combustible. La gran ventaja y también la gran diferencia frente a las baterías eléctricas es que las capacidades de almacenamiento del H₂ son mucho mayores. Se puede transportar muy fácilmente y eso jugará un papel cada vez más importante a medida que tengamos más energías renovables. El hidrógeno es en esencia diferente y por eso esta tecnología es muy importante para un futuro energético descarbonizado.

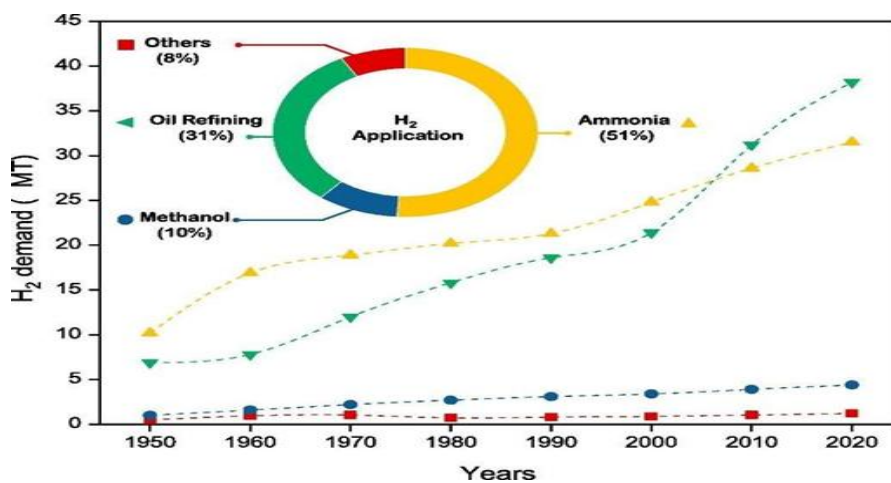


Figura 8. Demanda y aplicaciones de hidrógeno durante los últimos 70 años.

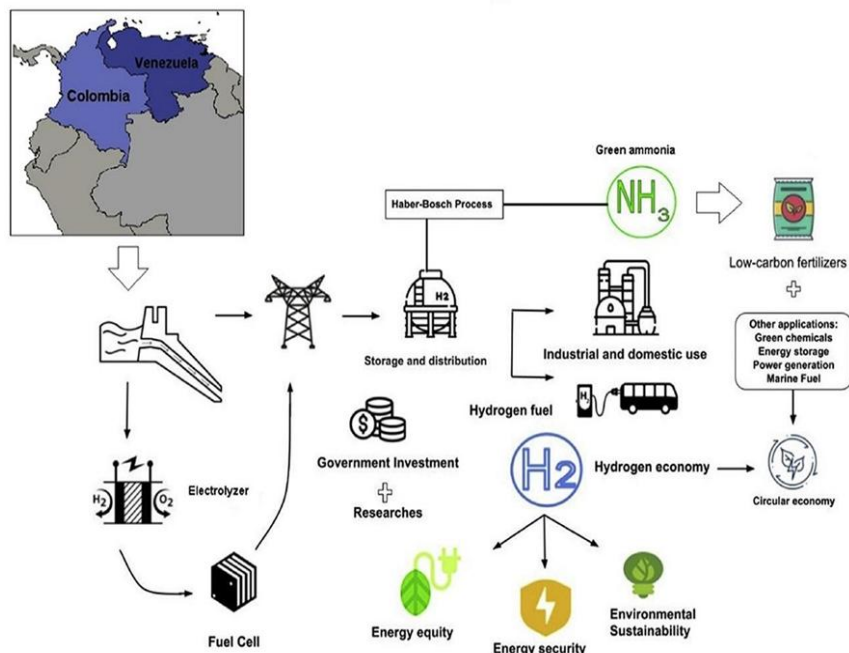


Figura 9. Contexto para usos de hidrogeno verde.

La Figura 9, Muestra el contexto para usos de hidrogeno verde. A pesar de sus ventajas, existen algunas desventajas que se deben considerar. El H₂ es un gas muy ligero con una densidad muy baja. Eso significa que si quisiéramos almacenar cierta masa de H₂ a presión ambiente el volumen sería mucho mayor. Por esa razón se almacena generalmente a muy alta presión. La alternativa es la licuefacción, que también comprime la densidad de las moléculas de H₂. Sin embargo, suele ser poco práctica en aplicaciones terrestres. Existen además desafíos en torno a ciertos electrolizadores que requieren una cantidad considerable de metales muy raros, como el iridio y el platino (Rueda-Bayona et al., 2019). El precio del iridio se ha quintuplicado recientemente, tal vez debido a la especulación. Por esta razón en la actualidad se siguen buscando alternativas que permitan minimizar la cantidad de metales raros en los electrolizadores o incluso sustituirlos por completo.

En la década de 2020 uno de los objetivos cruciales de investigación y desarrollo, es la generación de electrodos para las semirreacciones de la electrólisis con materiales, que sean menos costosos pero que sean igual o más eficientes (densidad de corriente relativamente alta con un sobrepotencial lo más bajo posible, con alta durabilidad) que los electrodos actuales (Nasser et al., 2022); (Deltares, 2014).

Es por ello por lo que los procesos fotoelectroquímicos aparecen como una tecnología promisoría para bajar los costos de producción de H₂. La universidad del Valle ha elaborado un dispositivo a nivel piloto que tiene la función dual de tratar el agua y producir H₂ usando catalizadores comerciales a Bajo costo y usando carbón activado y TiO₂ como catalizadores, las pruebas han demostrado que tienen suficiente actividad catalítica para generar la electrólisis de agua. La invención se relaciona con el campo técnico de la ingeniería química, en especial, con

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

procesos de adsorción electroquímica, fotocatalisis y fotólisis para el tratamiento de aguas y generación de hidrógeno y gas de síntesis.

En la mayoría de los procesos electroquímicos se presenta la generación (evolución, nombre técnico en electroquímica) de oxígeno y evolución de hidrógeno; la evolución de oxígeno se presenta en el ánodo, mientras que el hidrógeno se genera en el cátodo; sin embargo, en los reactores convencionales los gases que se generan se mezclan en la corriente de salida. Adicionalmente, el hidrógeno es un gas que produce fugas e ignición a baja energía. El Foto-electro Filtro Multi Procesos permite la separación dentro del mismo reactor y la manipulación del hidrógeno mediante un dispositivo electrónico desde una distancia segura, también, presenta una trampa de gas a la entrada para retener el oxígeno o aire que pueda recircular se en forma de burbuja o disuelto. Por otro lado el material foto electro-absorbente entra en contacto con el ánodo, haciendo que este último aumente del área superficial sea mayor (de esta manera los electrones aplicados sobre el ánodo también viajan sobre el material foto electro-absorbente), por lo anterior, en el ánodo se presenta una extensión volumétrica y de área del mismo (al estar en contacto con material foto electro-absorbente), lo cual permite un mayor contacto, absorción y generación de especies oxidante mediante fotólisis, fotocatalisis y electrolisis.

Las fuentes de agua dulce se reducen y el agua residual es cada vez más difícil de tratar, por esto las aguas usadas para la generación de energía deben provenir de fuentes alternativas como aguas oceánicas, aguas termales o fuentes no aptas para consumo en actividades antrópicas. El acondicionamiento de aguas salobres a través de la electrodialisis requiere el uso de electricidad de baja potencia que puede ser suministrada por energías renovables como solar, eólica o mareomotriz. Finalmente, los residuos del acondicionamiento del agua que contienen cloruros y otros compuestos pueden ser aprovechados para la producción de hipoclorito de sodio por electrólisis. Este agente oxidante se usa en la desinfección de agua para consumo humano.

6.2. Desarrollo de plantas de generación eléctrica marina híbridos.

Los esfuerzos para descarbonizar las economías no sólo deben considerar diversificación de la matriz energética a través de fuentes de energías renovables, si no también deben enfocarse en el desarrollo de tecnologías para la producción de nuevos combustibles renovables como el Hidrógeno. Es aquí, donde los vectores energéticos juegan un papel importante en proveer energía a zonas apartadas, evitando así altos costos económicos y ambientales por la transmisión energética a través de redes eléctricas convencionales. Por ejemplo, Crivellari y Cozzani (Crivellari & Cozzani, 2020) analizaron estrategias para transportar la energía eléctrica generada por turbinas eólicas marinas en áreas remotas mediante la producción in situ del gas Hidrógeno. Los investigadores encontraron que en varios escenarios de generación considerando el indicador económico de Valor Presente Neto, resulta más favorable producir el H₂ para la industria y el sector del transporte, que transformarlo y entregarlo a la red eléctrica convencional. En línea con lo anterior, Almutairi et al. (Almutairi et al., 2021) recomendaron que la producción de H₂ como vector energético transportado por tuberías o mediante embarcaciones sería una alternativa que sustituiría a los cables submarinos y a las líneas de transmisión.

El interés por la integración de energías marinas con la eólica y solar PV para la generación de H₂ en áreas remotas, se observa en los recientes proyectos de desarrollo tecnológico en proyectos como PosHYdon en el mar del Norte holandés (<https://poshydon.com/en/home-en/>). Este es el primer proyecto de generación de H₂ a

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



realizarse costa afuera, con una capacidad del electrolizador de 1 MW. Este proyecto considera transportar el H₂ a través de tuberías. El proyecto en desarrollo NorthH₂ tiene como meta a 2030 producir 4 GW de H₂ verde, empleando como fuente de energía un sistema de generación eléctrica a partir de aerogeneradores eólicos marinos (www.north2.eu). Otro proyecto que considera producir a 2025 H₂ a partir de procesos electrolíticos y eólica marina es el H₂Mare (fraunhofer, 2022), y el proyecto SeaH₂Land será uno de los más grandes en capacidad instalada, el cual producirá 1GW de H₂ mediante electrolizadores, integrados con 2 GW de energía eólica marina (<https://seah2land.nl/>). La primera planta de generación de H₂ verde empleando fuentes de energía mareomotriz, se construye actualmente en Orkney (Escocia), el cual está integrado al proyecto de Orbital's, y pretende producir el vector con un sistema de turbinas de corriente de 1MW y un electrolizador de 0.5 MW (www.emec.org.uk/projects/hydrogen-projects/iteg/).

Estudios recientes sobre la integración de energía mareomotriz, con solar fotovoltaica y electrolizadores se observan en el trabajo de investigación Lazard et al (Lazaar et al., 2021), quien empleó Matlab/Simulink para evaluar el rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones operacionales. La mayoría de los estudios de integración de energía mareomotriz y solar para producir H₂ por electrólisis (Alex et al., 2022; Lazaar et al., 2021), se han limitado al modelamiento numérico para resolver problemas de optimización del tamaño y administración energética (H. Liu et al., 2023), por lo que falta mucho por investigar sobre la integración de energías marinas para producir H₂ renovable. Es por esto que Liu et al. (H. Liu et al., 2023) implementaron en el archipiélago Zhoushan (China), un sistema integrado por una turbina de corriente de eje horizontal y un electrolizador de membrana polimérica. En su estudio emplearon métodos de optimización de enjambre de partículas y de mínimos cuadrados para el mejoramiento del rendimiento energético, y ajustaron la tasa de producción de H₂ considerando el modelamiento de eficiencia de Faraday. El estudio concluyó que los resultados satisfactorios en campo indicaron un coeficiente de potencia 0.35 y de eficiencia global de 11.9 %.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 33 de 221



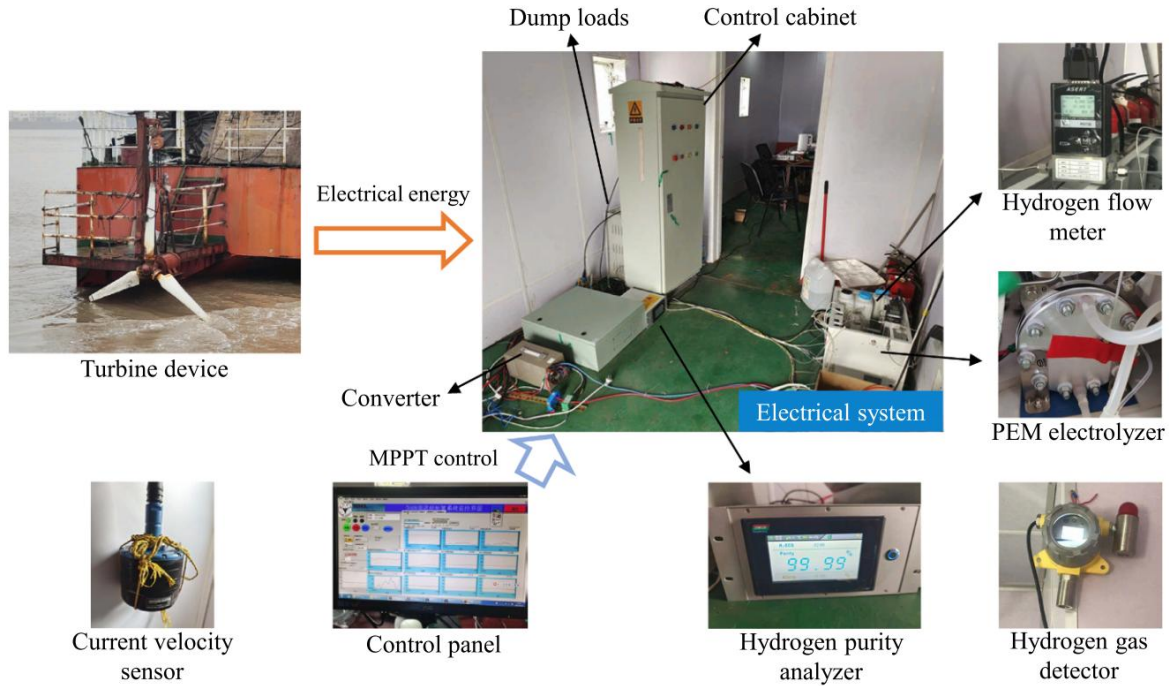


Figura 10. Montaje experimental del estudio de Liu et al.

A continuación, se presenta la tabla actualizada con la información de los proyectos e incluyendo la columna con los enlaces oficiales correspondientes para su seguimiento técnico:

Tabla 12. Proyectos Globales de Hidrógeno Verde y Energía Marina

Año	Nombre del Proyecto	TRL	Costo Total	Resumen Técnico y Objetivos	Países	Entidades Participantes	Periodo	Referencia
2023	HOPE	7-8	€40,287,430	Demostrador de 10 MW en barcaza jack-up. Producción offshore con	Bélgica, Francia, Países Bajos, Alemania, Portugal,	Lhyfe, Plug Power, Energy, Alfa Laval, Strohm	2023-2028	https://hope-h2.eu/

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

				exportación vía pipeline.	Dinamarca			
2021	PosHYdon	8	€14,031,010	Primer piloto en plataforma de gas (Q13a). 1 MW de electrólisis PEM.	Países Bajos	Neptune Energy, TNO, Gasunie, Eneco, DEME	2021-2024	https://www.poshydondon.com/
2021	Oyster	7-8	€5,000,000	Desarrollo de electrolizador PEM marinizado para integración directa en turbinas.	Reino Unido, Dinamarca	ITM Power, Ørsted, Siemens Gamesa, Element Energy	2021-2024	https://oyster-project.eu/
2021	ERM Dolphyn	6-7	£8,624,629	Turbina flotante de 10 MW con electrolizador y desalinización a bordo.	Reino Unido	ERM, DESNZ, Tractebel, Doosan, Nel Hydrogen	2021-2025	https://www.erm.com/dolphyn/
2021	Deep Purple	4-5	Privado	Sistema de electrólisis marina con almacenamiento de H2 en el lecho marino.	Noruega	TechnipFMC, Aker Solutions, Vattenfall	2020-2025	https://www.technipfmc.com/
2022	H2opZee	5-6	Millonario	Parque eólico de 300-500 MW dedicado exclusivamente a producción de H2.	Países Bajos	RWE, Neptune Energy	2022-2030	https://www.h2opzee.nl/
2021	H2Mare	6-7	Fondos Fed.	Sistema integrado eólico-H2 con producción de PtX (metanol, amoníaco).	Alemania	Siemens Energy, Gamesa, Fraunhofer, Hereon	2021-2026	https://www.h2mare.de/
2023	AquaPrimus	7	N/A	Integración de electrolizador de 15 MW en	Alemania	RWE, Shell, AquaVentus Consortium	2023-2026	https://www.aquaventus.org/

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

				turbina de 15 MW en Heligoland.				
2025	Mingyang Platform	7-8	N/A	Plataforma flotante en Shandong: eólica + solar + electrólisis + PtX.	China	Mingyang Energy, Smart Gov. Shandong	2024-2025	https://www.myse.com.cn/
2023	NEOM Green H2	8	\$8.4B	Planta de escala masiva: 4 GW eólica/solar para 2.2 GW electrólisis.	Arabia Saudita	ACWA Power, Air Products, NEOM	2023-2026	https://www.neom.com/
2021	Atlantic Shores	6	N/A	Piloto de 10 MW integrado en parque eólico de 1.5 GW en NJ.	Estados Unidos	Shell, EDF Renewables	2024-2028	https://www.atlanticshoreswind.com/
2021	Hy2Tech (IPCEI)	9	€5.4B	Fondo europeo para 41 proyectos de tecnología de hidrógeno.	Unión Europea	Alstom, Enel, Daimler, McPhy, Topsoe	2022-2027	https://www.ipcei-hydrogen.eu/

Se concluye entonces, que, según la revisión del estado del arte, se podría afirmar que la producción y transmisión de energía limpia a través de vectores energéticos como el hidrógeno, sería una alternativa que podría reemplazar el uso de combustibles fósiles como el Diésel en muchas de las poblaciones del Pacífico colombiano que se encuentran alejadas de la red interconectada de transmisión eléctrica (Zonas no Interconectadas, ZIN).

6.3. Características de las zonas de estudio bajo la influencia y dominio de las comunidades aliadas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

A continuación, se presentan las características de las zonas de influencia y dominio de las comunidades y resguardo indígena aliados en la presente propuesta.

6.3.1. Zona Valle del Cauca: territorio del Consejo comunitario del Río Naya.

El territorio titulado al Consejo Comunitario de la Cuenca del Río Naya abarca una extensión oficial de 177.817 hectáreas. Esta vasta área se localiza estratégicamente en la vertiente del Pacífico,

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



atravesando dos departamentos y tres municipios, lo que le confiere una naturaleza administrativa interdepartamental única.³

Los límites del Consejo Comunitario están definidos mayoritariamente por accidentes geográficos naturales, lo que facilita la identificación física en el terreno, pero requiere de una precisión técnica rigurosa en la cartografía oficial. Según la síntesis del Plan de Ordenación Forestal y los registros de adjudicación, los linderos se establecen de la siguiente manera(CVC, 2024):

- **Oriente:** El límite se sitúa sobre la cresta de la Cordillera Occidental, colindando directamente con el Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Los puntos de referencia más altos son el Cerro San Vicente, a 3.000 metros sobre el nivel del mar, y el Cerro Naya, a 2.650 metros sobre el nivel del mar.
- **Occidente:** El territorio se extiende hasta la línea de marea del Océano Pacífico, abarcando las zonas de desembocadura y los ecosistemas de manglar que son vitales para la economía de las comunidades de la cuenca baja.
- **Norte:** El linde está marcado por la divisoria de aguas que separa la hoya hidrográfica del río Yurumanguí de la del río Naya. Este límite es fundamental para distinguir la jurisdicción del Consejo del Naya de sus vecinos septentrionales.
- **Sur:** Se define por la divisoria de aguas entre los ríos Naya y San Juan de Micay. Este sector es crítico debido a la presencia de comunidades campesinas y la transición hacia el departamento del Cauca.

En la Figura 11 se aprecia la localización de la comunidad energética del Río Naya, Buenaventura.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Figura 11. Localización de la comunidad energética registrada del Rio Naya, Buenaventura, Valle del Cauca. Fuente: <https://www.minenergia.gov.co/es/comunidades-energeticas/>

La cuenca del río Naya, situada en el litoral pacífico colombiano entre los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, se caracteriza por una extensión aproximada de 177.817 hectáreas. Su territorio está habitado principalmente por comunidades afrodescendientes, organizadas bajo el Consejo Comunitario del Río Naya, y grupos indígenas como los Eperara Siapidara (Resguardo Joaquinco) y la parcialidad Yu'Cehk. La cuenca presenta tres zonas fisiográficas distintivas: la zona alta con relieves escarpados en la Cordillera Occidental, la zona media compuesta por colinas y terrazas, y la zona baja dominada por llanuras aluviales y ecosistemas de manglar influenciados por las mareas. En términos climáticos, la región se define por un ambiente de selva tropical pluvial con altísimas precipitaciones que oscilan entre los 6.000 y 8.000 mm anuales, lo que la convierte en una de las zonas más húmedas del mundo. La humedad relativa promedio es superior al 90%, y las temperaturas suelen ser cálidas y constantes a lo largo del año, características que favorecen una gran biodiversidad y una densa cobertura boscosa. Este régimen hídrico alimenta una compleja red de drenaje donde el río Naya actúa como el eje principal, recibiendo el aporte de numerosos tributarios antes de desembocar en el Océano Pacífico.

Desde el punto de vista oceanográfico e hidrológico, la cuenca baja está fuertemente marcada por la dinámica estuarina y las mareas del Pacífico, que influyen en el flujo del río y la salinidad de sus aguas cercanas a la desembocadura. El río Naya presenta un caudal caudaloso y constante, esencial para el transporte y sustento de

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

las comunidades locales. La interacción entre las aguas dulces y el mar genera zonas de amortiguación ricas en nutrientes, donde el oleaje y los vientos del suroeste moldean la costa y los canales de manglar, fundamentales para la protección contra la erosión costera y el mantenimiento del ciclo de vida de especies marinas y dulceacuícolas (CVC, 2024).

En la zona de Chamuscado, el caudal medio no está registrado con la misma frecuencia que el San Juan, pero se sabe que ríos menores de la región tienen promedios de 14 m³/s que se duplican en invierno (Ceballos, 2026).. Dado el tamaño de la cuenca del Yurumanguí, su caudal en la bocana es significativamente mayor, integrando el escurrimiento de una de las zonas más lluviosas del mundo (Bahía Málaga y alrededores).

.La profundidad en la bocana de Chamuscado está regida por la interacción entre la descarga fluvial y el prisma de marea. El sector ha sufrido procesos de subsidencia tectónica; por ejemplo, tras el sismo de 1979, se registraron hundimientos de entre 0.6 y 1.0 metros, lo cual alteró permanentemente la batimetría local y exacerbó la erosión costera. Las profundidades en los canales de la bocana pueden variar desde los 2 metros en marea baja hasta más de 6 metros en pleamar, dependiendo de la configuración de las barras de arena (Ceballos, 2026).

La velocidad del flujo en Chamuscado es altamente variable. En la fase de marea vaciante, el agua del río se suma al retroceso de la marea, generando velocidades que pueden superar los 1.5 m/s. En contraste, durante la marea llanante, se produce un flujo inverso o estancamiento que favorece la deposición de sedimentos finos. Esta naturaleza bidireccional es un factor crítico para cualquier sistema de generación de energía que utilice turbinas de flujo.

6.3.2. Zona Nariño: territorio del Consejo comunitario Bajo Mira y Frontera

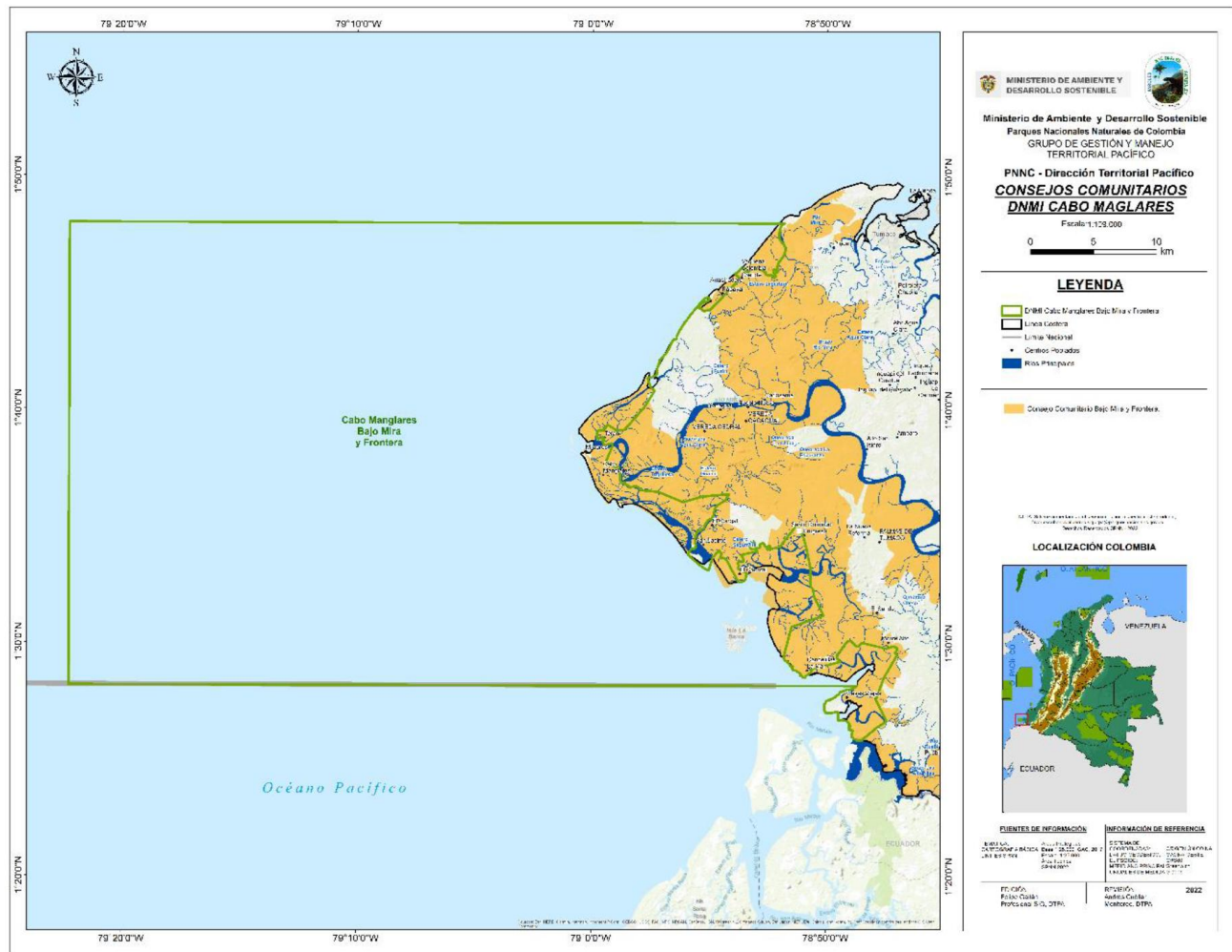
Las comunidades asociadas al Consejo Comunitario de

El clima de la región es cálido y muy húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 25.4 °C y 32 °C. Presenta una precipitación anual abundante, con promedios de entre 3,000 y 4,000 mm; los meses de junio y julio se identifican como los más lluviosos, mientras que la pluviosidad disminuye hacia el final del año, siendo noviembre el mes más seco. En cuanto a la hidrología, el sistema está dominado por la subcuenca del río Mira y su desembocadura, que junto al Océano Pacífico conforma una red compleja de estuarios, deltas y canales que representan la principal vía de transporte y la fuente de sustento para las comunidades.

En el aspecto oceanográfico, el área se caracteriza por una plataforma continental con fondos no carbonatados y playas de alta y baja energía que sirven como sitios críticos de anidación para tortugas marinas (negra, golfina y laúd). El límite marino del DNMI se extiende hasta la isóbata de los 200 metros de profundidad, protegiendo ecosistemas pelágicos y zonas de alta productividad íctica donde destacan recursos como el camarón de aguas someras y profundas, así como bancos de atunes y pargos. Esta dinámica oceánica es fundamental para la regulación climática local y la resiliencia de los manglares ante eventos extremos (González et al., 2024)

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Los límites del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera se sitúan en el extremo suroccidental del municipio de Tumaco, Nariño. Su territorio colinda al sur con la frontera internacional de la República del Ecuador (delimitada por el río Mataje), al oeste con el Océano Pacífico y al norte y este principalmente con el curso del río Mira y otros territorios colectivos vecinos. El Consejo abarca aproximadamente 46,000 hectáreas que se traslapan significativamente con el DNMI, consolidando un esquema de coadministración para la protección de los "natales" (bosques de madera fina) y los manglares que definen su identidad territorial (González et al., 2024).



Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Figura 12. Extensión del dominio del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera. Fuente: (González et al., 2024)

En la siguiente imagen se observan las comunidades energéticas asociadas al Consejo comunitario (Figura 13).

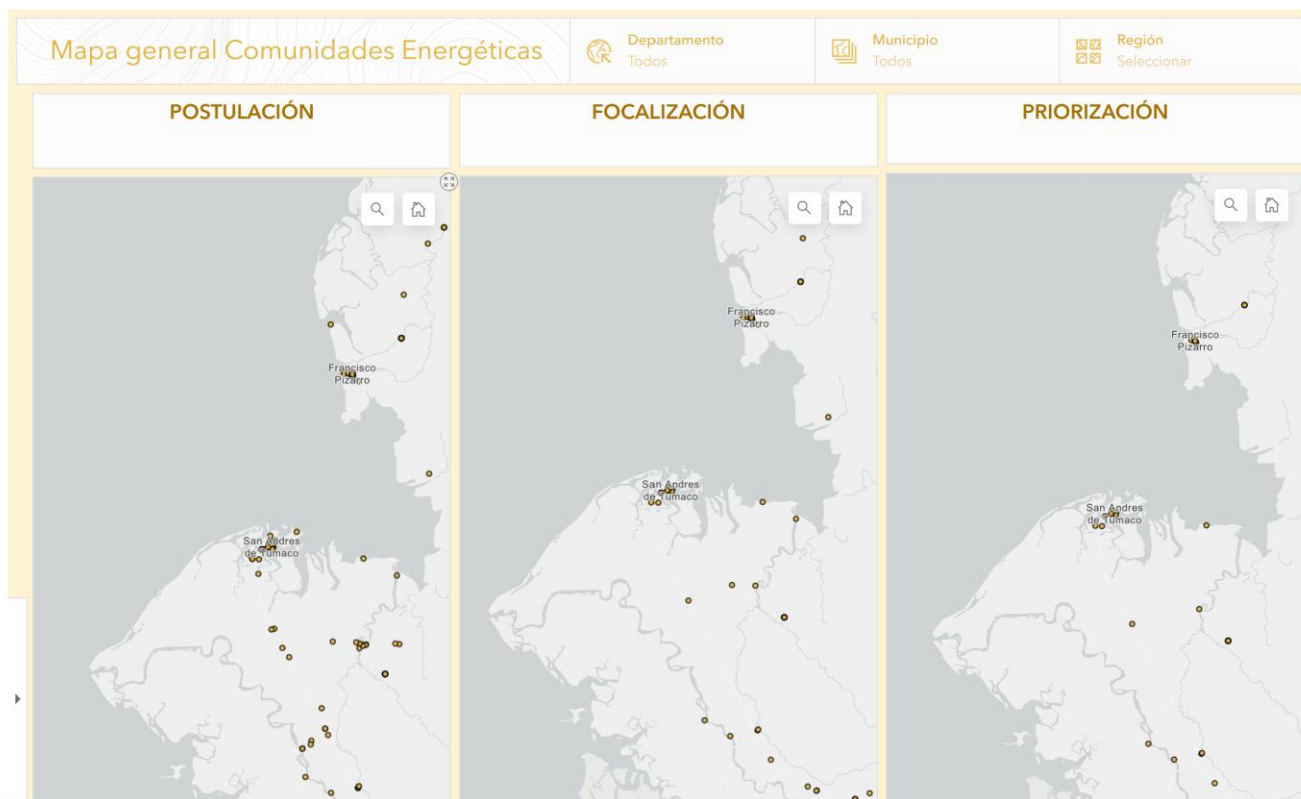


Figura 13. Localización de las comunidades energéticas registradas en el territorio del Consejo comunitario de Bajo Mira y Frontera. Fuente: <https://www.minenergia.gov.co/es/comunidades-energeticas/>

El río Rosario, que nace en la Cordillera Occidental, tiene un área de cuenca de 84,500 hectáreas y desemboca en la ensenada de Tumaco. Una característica distintiva de esta zona es la "alta influencia de agua salada", lo cual indica un sistema estuarino extendido tierra adentro hasta El Congal. En términos de disponibilidad de agua

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



dulce, existen concesiones registradas en el sector del puente El Pindo y cercanías a Congal que manejan caudales de 350 l/s a 600 l/s para abastecimiento, lo que representa una fracción mínima del flujo total del sistema (INVEMAR, 2005)

El río Mira, el gran regulador hídrico del sur del Pacífico colombiano, aporta un caudal medio anual significativo que interactúa con la red de esteros de Congal. Los registros muestran caudales máximos en mayo (1,105 m³/s) y diciembre (965 m³/s), con un periodo de estiaje marcado entre junio y septiembre donde el caudal baja a 533 m³/s.¹ La geomorfología de El Congal está definida por "fondos fangosos" y zonas litorales inundables. En las inmediaciones de la Bocana Nueva y el estero La Despensa, se reportan anchos de canal de aproximadamente 300 metros, con playas que se cubren totalmente en marea alta. Las profundidades en estos canales suelen ser limitadas por la sedimentación masiva de minerales magnéticos y arena negra, formando bancos de hasta 1 metro de espesor en las bermas (INVEMAR, 2005)

La velocidad del flujo en los esteros de El Congal es generalmente baja, de tipo laminar en periodos de marea muerta, pero puede incrementarse en los canales de marea principales. El río Rosario y sus tributarios, al atravesar zonas de baja pendiente y densa vegetación (manglar y guandal), presentan velocidades que raramente superan los 1.0 m/s en condiciones normales, a menos que ocurran eventos de lluvia extrema en la cordillera que activen el flujo torrencial.

6.3.3. Análisis preliminar de las zonas de estudio.

El análisis de las zonas revela perfiles hidrodinámicos divergentes que requieren soluciones de ingeniería específicas. Chamuscado presenta una oportunidad única para la energía mareomotriz o hidrocinética de estuario, condicionada por la estabilidad de un lecho afectado por la sismicidad regional. El Congal, aunque con menores velocidades de flujo, se sitúa en un entorno donde la gestión del agua es crítica para las comunidades, y pequeñas plantas HVM podrían integrarse con sistemas de potabilización o riego, siempre que se supere el obstáculo técnico de los fondos fangosos y la sedimentación.

La integración de los datos de caudales (desde los 14 m³/s en ríos menores hasta los 4,000 m³/s en el San Juan), profundidades (influenciadas por mareas y subsidencia) y velocidades (regidas por la bimodalidad climática) constituye la base fundamental para el éxito de cualquier proyecto de infraestructura hídrica en el Chocó Biogeográfico. La resiliencia ante el cambio climático y la variabilidad del ENSO será, en última instancia, el factor que determine la viabilidad a largo plazo de las plantas HVM en este territorio.

6.4. Niveles de madurez tecnológica de las tecnologías propuestas.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La escala TRL (Technological Readiness Level) se divide en 9 niveles, que generalmente se agrupan en tres grandes fases de desarrollo:

Fase 1: Investigación Básica (TRL 1 - 3)

- TRL 1 - Principios básicos observados: Es el nivel más bajo de madurez. Se publican estudios científicos sobre los principios fundamentales de una nueva tecnología.
- TRL 2 - Concepto tecnológico formulado: La aplicación práctica está identificada, pero aún es teórica. Se empiezan a postular aplicaciones potenciales.
- TRL 3 - Prueba de concepto experimental: Se realizan estudios analíticos y de laboratorio para validar que los componentes individuales funcionan como se predijo.

Fase 2: Desarrollo y Simulación (TRL 4 - 6)

- TRL 4 - Validación en laboratorio: Los componentes se integran para trabajar juntos. Se prueba un prototipo "rudimentario" en un entorno controlado.
- TRL 5 - Validación en un entorno relevante: La tecnología se prueba en un entorno que simula las condiciones reales (fuera del laboratorio químico o físico estándar).
- TRL 6 - Demostración de prototipo en entorno relevante: Se crea un modelo o prototipo a escala casi real que demuestra su funcionalidad en condiciones que imitan la operación final.

Fase 3: Despliegue y Operación (TRL 7 - 9)

TRL 7 - Demostración de sistema en entorno operativo: El prototipo se prueba en su entorno real (por ejemplo, un vehículo real, una planta de energía real, etc.).

TRL 8 - Sistema completo y certificado: La tecnología ha sido probada y finalizada. Se superan las pruebas finales y controles de calidad.

TRL 9 - Sistema probado con éxito en entorno real: La tecnología ya está en producción masiva o uso operativo regular y ha demostrado su fiabilidad en misiones o mercados reales.

La planta de Hidrógeno verde mareomotriz – HVM (Figura 2) en su conjunto llegará a TRL 7, se integra por las siguientes tecnologías.

6.5.1 **Nombre de la tecnología:** HIDROMAR.

Módulo asociado de la planta HVM: HVM-MAPS (Figura 2).

Descripción de la Tecnología: HIDROMAR es un aplicativo (geovisor) y geodatabase con información hidrológica, oceanográfica, geográfica, hidrográfica, económica, ambiental y social. La información estará representada en imágenes, mapas y bases de datos que indicarán zonas estratégicas para la ubicación de las plantas HVM. La herramienta será desarrollada en software de acceso abierto como QGIS y Python.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La tecnología tendrá la capacidad de gestionar información en diversos formatos, provenientes de imágenes satelitales, resultados de modelación numérica, información levantada en campo e información secundaria de diversas fuentes. La gestión incluirá el tratamiento de datos y la integración de estos para la estimación de parámetros cuantitativos y cualitativos que orienten a la selección de una zona o lugar. Estos parámetros calificarán las ubicaciones en función de las consideraciones ambientales, sociales, económicas y técnicas que incidirán sobre el desarrollo de una planta HVM. Las evaluaciones finales incluirán salidas i.e mapas de calor (*heatmaps*, en inglés), gráficos estadísticos multivariados, análisis de cruz, entre otros. HVM – MAPS será compilado en un archivo ejecutable para ser usado en computador a través del software QGIS.

Estado de Desarrollo: HIDROMAR iniciará y terminará su desarrollo en el presente proyecto (TRL1 a TRL7).

6.5.1 **Nombre de la tecnología:** Beam Reach®.

Módulo asociado de la planta HVM: HVM-TIDAL (Figura 2).

Descripción de la Tecnología: es una tecnología de generación de electricidad a partir de turbinas de eje vertical, La tecnología se desarrolla por la empresa Tidal Sails (<https://tidalsails.com/>). Se basa en la combinación de principios ancestrales de navegación a vela con sistemas modernos de transporte por cable (ropeway) para extraer energía de las corrientes de agua. El sistema utiliza perfiles de velas de aluminio extruido que se mueven de forma lineal para capturar la energía cinética de corrientes marinas, ríos lentos y flujos oceánicos. Esta plataforma tecnológica cuenta con diversas configuraciones adaptadas al entorno, incluyendo el modelo "BeamReach" que emplea cuerdas de fibra para plantas de gran escala (multi-MW) y los "RiverSails" diseñados específicamente para el flujo unidireccional de los ríos. Entre sus principales beneficios destaca la capacidad de alcanzar su potencia nominal en corrientes de tan solo 3 nudos (1.5 m/s), una velocidad significativamente menor a la requerida por las turbinas mareomotrices convencionales. Esto permite una reducción drástica de costos, con un costo nivelado de energía (LCoE) proyectado entre 0,03 y 0,07 €/kWh, y un peso que representa menos del 5% del de las turbinas tradicionales de la misma capacidad. Además, la tecnología es altamente sostenible: las velas son completamente reciclables, su movimiento lento es inofensivo para la vida marina y el sistema es prácticamente invisible y silencioso al operar sumergido

a)

b)

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

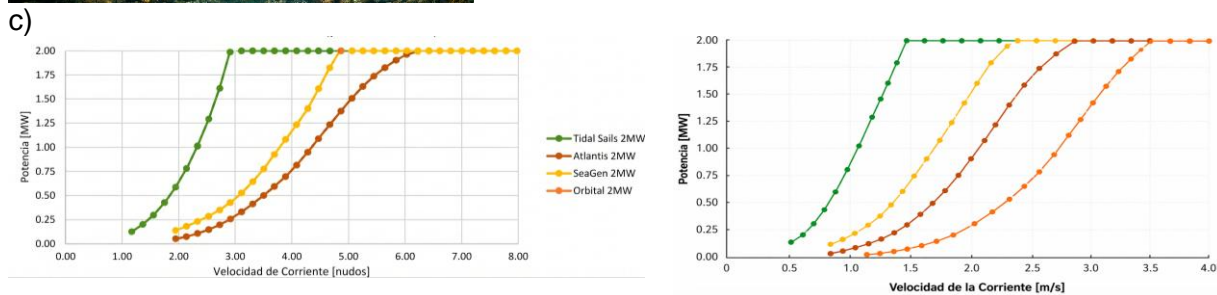
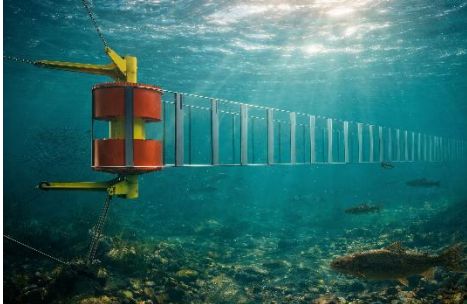


Figura 14. Turbina BeamReach, a) representación de la turbina en operación. b) imagen de prototipo en tierra, c) curva de potencia de BeamReach (Tidal Sails) vs los prototipos de turbinas mareomotrices en desarrollo. Tomado de: <https://tidalsails.com/about/>

Estado de Desarrollo: BeamReach inicia en TRL6+ y terminará en TRL8.

TRL 6+ (Nivel de Madurez Tecnológica 6 o superior) se fundamenta en su transición de pruebas de laboratorio a demostraciones exitosas en entornos reales. Según los estándares de la industria, el nivel 6 implica que el sistema o un prototipo representativo ha sido validado y demostrado en un entorno relevante (en este caso, corrientes de agua reales).

- **Historial de Prototipos Reales:** La empresa ha desarrollado cuatro generaciones de la tecnología. Desde 2007 se han desplegado prototipos en Skjoldastraumen, y en 2011 el demostrador "Balder" de 25 kW fue reconocido por la Unión Europea como una "historia de éxito". Estas pruebas fuera del laboratorio son la evidencia clave del TRL 6.
- **Inversión y Desarrollo Extenso:** Se han invertido más de 30 millones de euros y 20 años en investigación y desarrollo (I+D). Este tiempo ha permitido pasar de pruebas en túneles de viento y tanques (TRL 4/5) a sistemas operativos sumergidos.
- **Validación Externa y Permisos:** La obtención de un permiso de 6 MW por parte de la Dirección de Recursos Hídricos y Energía de Noruega (NVE) y los múltiples "Sellos de Excelencia" de la

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Comisión Europea indican que la tecnología ha superado rigurosos análisis técnicos de terceros.

- El "+" (Transición a TRL 7/8): La denominación "6+" se utiliza porque la empresa ya tiene programadas las demostraciones a escala real y comercial para 2025 (RiverSails en Straumen) y 2026 (BeamReach en Kvalsund). Estos proyectos representan el paso final hacia el TRL 7 (demostración de sistema en entorno operativo) y TRL 8 (sistema completo y calificado).

6.5.1 Nombre de la tecnología: Colturbinas turbine.

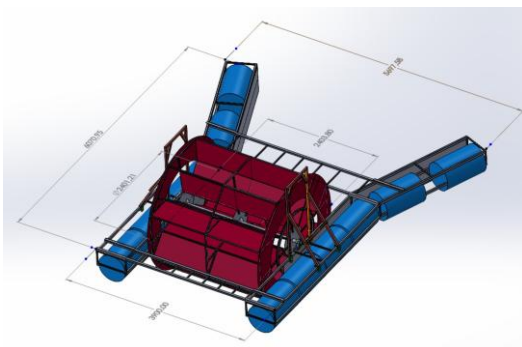
Módulo asociado de la planta HVM: HVM-TIDAL (Figura 2).

Descripción de la Tecnología:

La Colturbinas turbine tiene una capacidad de generación de 10 Kw a 1 m/s de velocidad de flujo, y representa una solución tecnológica avanzada para la transición energética, diseñada específicamente para capturar la energía cinética de flujos de agua en movimiento (mareas o corrientes fluviales) sin necesidad de infraestructura pesada como represas. Este sistema se integra en un ciclo de producción de hidrógeno verde que utiliza fuentes 100% renovables.

La tecnología se adapta a diferentes condiciones hidrodinámicas. La turbina se monta sobre pontones flotantes que permiten su operación en la superficie del agua. Los álabes están dispuestos de forma perpendicular al flujo, aprovechando principalmente la fuerza de arrastre para generar torque. Esta estructura es ideal para zonas de baja profundidad y estuarios.

a)



b)



Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

c)



Figura 15. Turbina Colturbinas, a) vista isométrica. b) turbina en operación c). fotografía del prototipo y sus flotadores.

Estado de Desarrollo: Colturbinas inicia en TRL5 y terminará en TRL7.

6.5.2 Nombre de la tecnología: IMPETUS-Enriquez.

Módulo asociado de la planta HVM: HVM-TIDAL (Figura 2).

Descripción de la Tecnología: La tecnología IMPETUS-Enriquez es una turbina de eje horizontal tipo bulbo. En la Figura 16 se presenta un ejemplo de tecnología a usar. La turbina se encuentra en desarrollo por el equipo de investigación IMPETUS INDOMITUS de la Universidad del Valle, la cual ha registrado eficiencias del 65% según, a muy pequeñas escalas para uso como turbina de corriente de flujo superficial y con rotores intercambiables. Se requieren estudios adicionales de la hidrodinámica de la turbina y pruebas experimentales para escalarla a la magnitud que se requiere en este proyecto, así como la evaluación de otras tecnologías para satisfacer los objetivos propuestos.

Con el apoyo de la empresa Colturbinas se desarrollará el sistema de acoplamiento energético de otras fuentes alternas verificar que aún no se tiene, así como corroborar su robustez en la operación en sitio. Se pretende desarrollar un prototipo de conversión de energía hidráulica a eléctrica usando una turbina de corriente y ensamblándola a un generador ya sea con un acople directo o con un sistema de transmisión mecánica planetario.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Figura 16. Prototipo de la turbina en TRL 4 IMPETUS-Enriquez.

Estado de Desarrollo: IMPETUS-Enríquez inicia en TRL3 y terminará en TRL6.

6.5.3 Nombre de la tecnología: Niño-Vargas.

Módulo asociado de la planta HVM: HVM-WATER (Figura 2).

Descripción de la Tecnología: La tecnología Niño-Vargas, es un sistema de electrodiálisis a escala piloto para desalinización de aguas usando membranas poliméricas de intercambio iónico desarrolladas por investigadores de la Universidad del Valle. Las membranas se colocan de manera alterna (membrana de intercambio aniónico - membrana de intercambio catiónico) entre un cátodo y un ánodo tal y como se muestra en la Figura 17 . Como resultado de la desalinización de agua se producen dos corrientes de agua, un diluido que posteriormente se conecta con el módulo HVM-H2 para la producción de hidrógeno y un concentrado que alimenta al módulo HVM-SALTY para la producción de hipoclorito de sodio. Actualmente, el sistema de desalinización, funcionando con membranas comerciales y usando energía eléctrica convencional, tiene un costo de producción aproximado de 0.7 USD\$/m³ de agua tratada. Con la implementación de las membranas desarrolladas por la Universidad del Valle y el suministro de energías alternativas como la mareomotriz, se busca alcanzar una reducción del 80% de los costos de inversión y operación.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

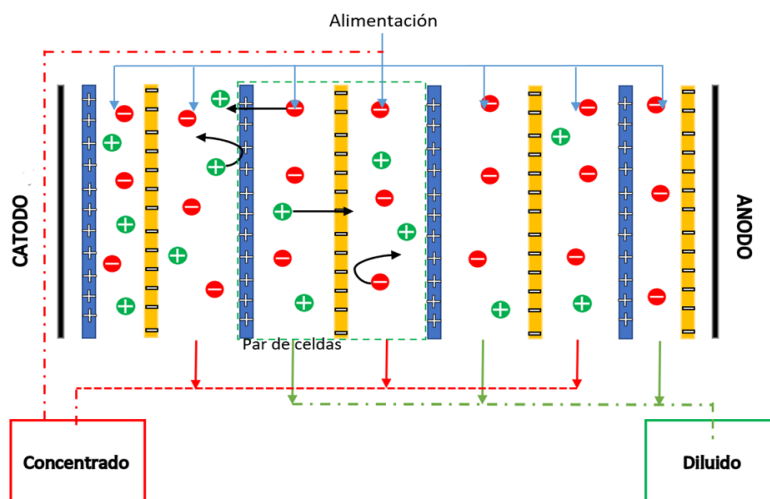


Figura 17. Esquema de un sistema de electrodiálisis con membranas poliméricas de intercambio iónico (autores).

Una de las principales ventajas de Vargas-Niño es que la implementación de membranas desarrolladas en el país permitirá reducir los costos de operación de los sistemas de desalinización de aguas. En cuanto a los sistemas de Electrodiálisis (ED), tienen algunos beneficios adicionales con respecto a otras tecnologías, principalmente, en relación con consumo energético. Para su funcionamiento, se requiere energía en forma de corriente directa (CD) conectada a los electrodos, y electricidad en corriente alterna (CA) o CD para las bombas de proceso según las especificaciones de los equipos. El uso de CD abre la posibilidad de lograr una alimentación energética total a través de fuentes de energía como la mareomotriz. Por otro lado, Según Patel et al., para una salinidad menor a 2500 ppm, el consumo energético se encuentra en un rango de 0.7 a 2.5 kWh/m³, y para salinidad entre 2500 a 5000 ppm, en un rango de 2.64 a 5.5 kWh/m³, respectivamente. El costo por m³ de agua en una instalación de baja capacidad (menor a 2 m³/día) y con un consumo de energía de 6.6 kWh/m³ es de 1.05 USD\$/m³. Si se comparan estos datos con un sistema de ósmosis inversa, OI, (proceso más utilizado para desalinización de agua), se concluye que, para altas salinidades, el costo de tratamiento usando ósmosis es mayor que el de electrodiálisis (0.41 USD\$/m³ para OI mientras que, para ED en grandes instalaciones, es de 0.25 USD\$/m³). En cuanto a la estimación de costos de tratamiento por uso del agua usando ED, se han encontrado valores de 0.17 a 0.28 USD\$/m³ para irrigación y valores de 0.21 a 0.39 USD\$/m³ para agua de consumo humano.

El equipo de electrodiálisis es un equipo comercial conformado por Electrodos de Ti (recubiertos con Pt) y capacidad para tratamiento de agua de 100 l/h. Las membranas que se requieren para su funcionamiento se están desarrollando en la Universidad del Valle. Ya se iniciaron con las primeras formulaciones usando como base polímeros conductores como polipirrol. Estas membranas se están probando en un prototipo de cinco celdas diseñado por la Universidad del Valle.

Estado de Desarrollo: Niño-Vargas inicia en TRL2 y terminará en TRL4.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

6.5.1 **Nombre de la tecnología:** Machuca-Martínez.

Módulo asociado de la planta HVM: HVM-H2 (Figura 2).

Descripción de la Tecnología: La tecnología Machuca-Martínez consiste en un reactor electroquímico, como se muestra en la Figura 18. Se compone de electrodos anódicos y catódicos (1), donde el electrodo anódico está recubierto con un material absorbente (2) compuesto de carbono (C) y TiO₂, sujeto a un soporte de malla de acero (3). El sistema incluye lámparas de radiación UV (4) que iluminan los electrodos anódicos y catódicos, así como una membrana de intercambio iónico (5) que separa los electrodos anódicos de los catódicos. Todos los componentes están ensamblados en una carcasa, que consta de una pieza que alberga los electrodos anódicos (6) y otra que alberga los electrodos catódicos (7). Cada pieza de la carcasa tiene un acople machimbrado que se conecta a un tubo de salida (8). El tubo de salida de la pieza que contiene los electrodos catódicos está conectado a un reservorio (9) equipado con una válvula electrónica de apertura y cierre (10). La corriente proveniente del reservorio se conecta a la corriente proveniente de los electrodos anódicos a través de una conexión en T y un codo de 90 grados (11). Además, se dispone de una válvula de purga de gas conectada a la entrada del reactor (12), con un acople construido con el mismo material de la carcasa del reactor (13) (acero, acrílico), que conecta el dispositivo de purga de gas con la entrada del reactor y distribuye el fluido hacia los electrodos.

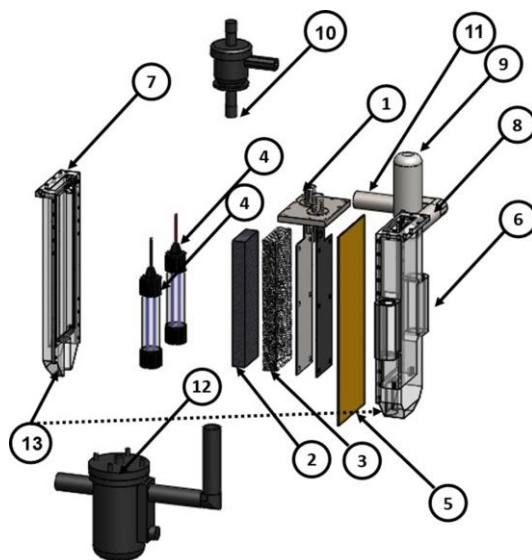


Figura 18. Esquema del reactor electroquímico para la producción de hidrógeno desarrollado por la Universidad del Valle (autores).

La principal ventaja la tecnología Machuca-Martínez es que ha sido desarrollado en su mayoría con materiales comerciales de fácil acceso y bajo costo, y catalizadores carbón activado y TiO₂ como catalizador. Por su configuración, se han observado altas tasas de conversión traducidas en altas eficiencias en la producción de

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



hidrógeno por foto electrólisis. Por ser un proceso electrolítico, no requiere insumos químicos y materiales de alto costo, de igual manera, parte del mejoramiento del sistema actual consiste en la implementación de membranas desarrollados en la Universidad del Valle.

El reactor fotoelectroquímico actualmente tiene una capacidad de tratamiento de 1.5 l/s de agua. El material adsorbente, la radiación UV y los diferentes dispositivos permiten el aprovechamiento del hidrógeno que se está generando en el electrodo del cátodo. La recuperación del gas se logra mediante el uso de una membrana de intercambio iónico que permite el paso de los electrones, pero mantiene separados los componentes de los electrodos catiónico y aniónico, respectivamente. El equipo aún no cuenta con un sistema de control y automatización que permita cuantificar la producción de hidrógeno y que garantice una producción continua y segura. La tecnología Machuca-Martínez tiene una patente de Invención nacional de la Universidad del Valle, N° NC2022/0016422, radicada el 15 de noviembre de 2022.

Estado de Desarrollo: Machuca-Martínez inicia en TRL4 y terminará en TRL6.

6.5.1 **Nombre de la tecnología:** Cuesta-Parra.

Módulo asociado de la planta HVM: HVM-SALTY (Figura 2).

Descripción de la Tecnología: La tecnología Cuesta-Parra cuenta con electrodos de grafito que se encuentran dentro de una estructura de polipropileno ubicada dentro del tanque de salmuera, estos elementos al ser energizados realizan el proceso de electrólisis en el fluido. La fuente de energía construida para la máquina cuenta con control de corriente con referencia de 0 a 70 A. Incluye una tarjeta electrónica que energiza los electrodos de acuerdo con un control de corriente DC. Está dotada de un temporizador que determina el tiempo de operación del sistema, este tiempo se puede variar manualmente entre 0 y 999 minutos. El control de la máquina está descentralizado, el tiempo del proceso es controlado por el temporizador, el control de la fuente de corriente y la baliza lo realiza la tarjeta electrónica dedicada y las mediciones de las variables de corriente, voltaje y pH se presentan directamente al energizar la máquina. El precio por cada litro de hipoclorito de sodio a 5000 ppm de concentración con este equipo es de 0.04 USD\$/l, incluye la compra de sal y la energía eléctrica de la red, mientras que el hipoclorito de sodio comercial a la misma concentración es de 0.36 USD\$/l (análisis de costos año 2023). Ver Figura 19.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Figura 19. Equipo de electrólisis de salmuera de la Universidad de América, Bogotá.

El equipo denominado “prototipo generador de hipoclorito” fue construido con electrodos de grafito, fuente de energía de 0 a 100 A en DC, temporizador, sensor de pH y tanque de producción de 22 litros, el equipo produce una solución de hipoclorito de 5000 ppm por lote, en electrólisis durante 2 horas. Esta solución es capaz de desinfectar hasta 35000 litros de agua con concentración de 2 ppm de cloro libre lo que inhibe el crecimiento de bacterias patógenas, el hipoclorito es una sustancia usada en la desinfección de agua para consumo humano. Sin embargo, con la alianza se pretende mejorar la eficiencia energética probando otros materiales para el desarrollo de electrodos, disminuir el tamaño del equipo para que sea fácil de transportar a zonas de difícil acceso y aumentar el volumen de producción de hipoclorito a través de la construcción de un segundo equipo. Además, establecer los procesos de control en el acople del sistema de producción de hidrógeno y acondicionamiento de agua.

En el presente proyecto se aprovechará la salmuera para producir hipoclorito de sodio como desinfectante en el tratamiento de agua para consumo humano. Los beneficios incluyen el uso de residuos de cloruros producidos en el tratamiento de agua de mar para producir hidrógeno incluyendo el enfoque de economía circular. Asimismo, las comunidades costeras donde se produce la energía mareomotriz pueden acceder a hipoclorito con concentraciones de 5000 ppm para su uso en los sistemas de acueducto. Actualmente, las plantas de tratamiento de agua potable usan hipoclorito de calcio (granulado) importado, la producción de hipoclorito de sodio en sitio puede reducir hasta 80 % de los costos en desinfección de acuerdo con los resultados incluidos en el proyecto de investigación entre la Universidad de América y la Embajada de Suiza Colombia Ayuda Humanitaria y Desarrollo (COSUDE).

Estado de Desarrollo: Cuesta-Parra inicia en TRL4 y terminará en TRL6.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



6.5.2 Investigadores / Inventores:

En la Tabla 13, se presenta cada etapa de desarrollo y los principales investigadores/inventores responsables en cada una.

Tabla 13. Desarrollo y sus principales investigadores/inventores

Desarrollo	Módulo asociado de la planta HVM	Principales Investigadores/Inventores
HIDROMAR	HVM-MAPS	Juan Gabriel Rueda
Beam Reach®.	HVM-TIDAL	Tidal Sails AS
IMPETUS-Enrqueuz	HVM-TIDAL	Guillermo Jaramillo Jairo Enrique Silva
Colturbinas turbine	HVM-TIDAL	Colturbinas Limitada
Niño-Camargo	HVM-WATER	Adriana Niño V Rubén Camargo
Cuesta-Parra	HVM-SALTY	Diana Marcela Cuesta- Parra Felipe Correa-Mahecha
Machuca-Martínez	HVM-H2	Fiderman Machuca Antonio Lara Jennifer Diaz

7. JUSTIFICACIÓN

La imperante necesidad de mitigar los impactos generados por el calentamiento global, y la adaptación de los efectos del cambio climático demanda que el modelo económico global migre hacia una economía descarbonizada (Rueda-Bayona et al., 2022b). En ese sentido, el actual Plan Nacional de Desarrollo -PND- (*Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*, n.d.) en su artículo 23, prioriza la generación de Hidrogeno Verde, aquel producido a partir FNCER, y por vez primera se especifica a la energía mareomotriz como una fuente de energía renovable de interés para Colombia. También, en el artículo 24 del PND se plantean las comunidades energéticas, en donde se promueve el reconocimiento e integración de usuarios locales a ser parte de la generación y comercialización de FNCER y combustibles renovables como el Hidrógeno Verde (HV). Si bien el PND tomó como base a las demandas territoriales de cada departamento, deducir que el Pacífico colombiano tienen una gran oportunidad para ser parte de este desarrollo de producción de HV no sería apropiado.

Las demandas territoriales del Valle del Cauca aprobadas el 8 de febrero de 2023 presentan 6 retos, siendo el tercero el siguiente: Reto 3. Asegurar la generación, acceso y uso de energías sostenibles para todos, y en dicho reto se presentan dos metas así:

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



- Incrementar en un 20% el nivel de desarrollo e innovación de las tecnologías de generación de energía y almacenamiento de energía a partir de recursos renovables (biomasa, solar, eólica, PCH, energía de los mares, hidrógeno verde, entre otras) en el Valle del Cauca en el periodo 2023-2030.
- Incrementar en un 50% la financiación para la generación de nuevos conocimientos, sobre energías renovables (biomasa, solar, eólica, PCH, energía de los mares, hidrógeno verde, entre otras), transferencia y apropiación de conocimiento el Valle del Cauca en el periodo 2023- 2030.

Como allí se observa, se reconoce a la energía de los mares y al Hidrogeno verde como una oportunidad para el departamento del Valle del Cauca, sin embargo, la hoja de ruta planteada para el Hidrógeno en Colombia (MinMinas, 2022) indica que las regiones con las condiciones más favorables para producir hidrógeno verde son: Caribe norte a partir de energía eólica y solar y Andes Norte por la energía solar. Esta hoja de ruta del Hidrógeno para Colombia menciona que el país posee los recursos para la generación del vector equiparables a las mejores zonas a nivel mundial. Por una parte, porque la oferta hídrica de Colombia es seis veces la del promedio mundial y tres veces la de Latinoamérica, y por otro lado porque el potencial eólico y solar del Caribe colombiano es de talla mundial.

Esta hoja de ruta si bien considera que se dispone de energía renovable para producir el gas, la disponibilidad de agua tanto en cantidad y calidad para su producción aún no es clara. De hecho, producir Hidrógeno verde demanda altos volúmenes de agua baja en sales, lo que representa una demanda de agua dulce la cual deberá ser extraída de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos del país.

Los tres interrogantes planteados previamente i.e ¿De dónde se obtendrá el agua dulce para producir Hidrógeno?, ¿El Balance hídrico de las fuentes de agua podrá soportar la producción de Hidrógeno?, ¿La calidad del agua requerirá tratamientos avanzados de remoción de sales o contaminantes que puedan incrementar los costos de producción? parecen aún no estar respondidas según la literatura abierta, y por ello es probable que se ponga en riesgo la calidad y cantidad del recurso hídrico en las regiones más prometedoras del país para producir Hidrogeno. Poner en riesgo impactaría la dinámica natural de los ecosistemas, incluyendo a las comunidades que dependen del acceso al agua para subsistir. Así las cosas, el Pacífico colombiano parece no estar en las cuentas de la agenda del desarrollo de la producción de HV en Colombia en el corto y mediano plazo.

Respecto al acceso al recurso hídrico en el Pacífico colombiano, sería obvio indicar que el agua dulce para producir hidrógeno sería asequible y abundante, lo cierto es que también se requiere de una fuente de energía renovable resiliente y predecible. Es aquí, donde el presente proyecto se justifica, porque el objeto principal del mismo busca identificar zonas con potencial de energía mareomotriz y que a su vez se tenga acceso al recurso hídrico. Es por esto que identificar zonas para la futura industria de producción de HVM no es una tarea fácil, porque se deben tener en cuenta los siguientes factores: Acceso a fuentes de agua marina o salobre, acceso a una FNCER, y disponibilidad de infraestructura. En ese sentido, consideramos que el desarrollo de la economía azul (*blue economy*) para el Pacífico colombiano sería una alternativa para la producción de HVM, ya que no solamente se produciría el vector, si no también, se reducirían los riesgos de producción al disponer de una FNCER altamente predecible (mareas), y de una fuente abundante de agua: el océano.

¿por qué se justifica considerar al Pacífico colombiano como productor de Hidrógeno verde?

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible, firmados por el gobierno colombiano y acordados en el 2015, se determinó que "no debemos escatimar esfuerzos por liberar a toda la humanidad, y ante todo a nuestros hijos y nietos, de la amenaza de vivir en un planeta irremediadamente dañado por las actividades del hombre". En ese contexto, el agua y el aire representan los recursos indispensables para el sostenimiento de la vida en el planeta. Según la *Hydrogen's Roadmap* (hoja de ruta del hidrógeno verde) del Ministerio de Minas y Energía (2021), y la ley 2099 de 2021, la producción de H₂ tanto azul como verde es considerada estratégica para la transición energética del país y jugará un papel importante en la descarbonización de algunos sectores que son difíciles de electrificar. En consecuencia, es necesario establecer programas de investigación y desarrollo que atiendan a los grandes retos de la implementación de tecnologías basadas en Hidrógeno en Colombia, y que permitan formar masa crítica alrededor de la producción y utilización de H₂ en el país.

Hay varios retos para la producción en gran escala de H₂ verde por procesos electroquímicos: mejorar la eficiencia del proceso, reducir los costos y la dificultad del escalamiento de la tecnología (Dincer & Acar, 2015; Yukesh Kannah et al., 2021). Específicamente, se busca el acople de fuentes de energía renovable con los electrolizadores; materiales de electrodo baratos que puedan reemplazar a los electrodos basados en Platino e Iridio porque no son sostenibles; membranas electrolíticas de polímeros que sean eficientes, con alta durabilidad y de fácil acceso; aprovechamiento y manejo de los subproductos generados; y el diseño de las celdas electroquímicas con óptimas densidad de corriente y voltaje de celda usadas, así como también menores pérdidas térmicas y duración del sistema (Kumar & Himabindu, 2019; Züttel et al., 2010).

El Gobierno nacional aprobó el consejo nacional de política económica y social (CONPES) de transición energética. Política que establece lineamientos, estrategias y acciones que le permitirán al país mantener su seguridad y confiabilidad energética, promover las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCR), el transporte sostenible, la eficiencia energética, el desarrollo de nuevas tecnologías y energéticos, así como desarrollar combustibles sostenibles y consolidar la diversificación de la canasta minera que aportan recursos esenciales para nuestra economía.

En la Universidad del Valle, varios grupos de investigación han trabajado en el desarrollo de alternativas como catálisis heterogénea y fotoelectrólisis para mitigar esta problemática (Palma-Goyes et al., 2016), (Mañunga et al., 2022; Mondragón-Díaz et al., 2019). Sin embargo, con este proyecto, se espera ampliar el conocimiento a nivel nacional de alternativas eficientes para la industria del Hidrógeno desde la materia prima y energía requerida, hasta la eficiencia de obtención de H₂, aprovechamiento de subproductos y costos de operación e inversión. A partir de ello, se logrará una nueva línea de investigación y desarrollo, con apoyo de empresas como RIOT y otras Universidades como la Fundación América, quienes a partir de su experiencia y conocimiento contribuyen a la conformación de un grupo multidisciplinar con un mismo fin: Desarrollar la Industria de Hidrógeno Verde Mareomotriz del pacífico colombiano. La pertinencia de esta industria se puede observar desde varios aspectos:

Potencial económico: Establecer la línea base de la industria del hidrógeno verde en el Pacífico colombiano permitiría identificar el potencial de producción, los recursos necesarios y los mercados internos y externos, lo que podría generar nuevas oportunidades económicas y de desarrollo para la región.

Energía renovable y sostenibilidad: Al establecer la línea base de la industria del hidrógeno verde, se estaría promoviendo la adopción de fuentes de energía limpia y sostenible en la región, lo que contribuiría a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Diversificación de la matriz energética: Colombia es conocida por su riqueza en recursos naturales, como el petróleo y el gas. Sin embargo, la dependencia de estos combustibles fósiles puede ser una limitación para la resiliencia energética y la sostenibilidad a largo plazo. La industria del hidrógeno verde podría ofrecer una alternativa para diversificar la matriz energética, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles y fomentando la integración de fuentes renovables.

Innovación y desarrollo tecnológico: La formulación de un proyecto para establecer la línea base de la industria del hidrógeno verde en el Pacífico colombiano requiere de investigación, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías. Esto impulsa la innovación en la región, así como la transferencia de conocimientos y la colaboración entre diferentes actores, las universidades, las empresas y los centros de desarrollo e/o innovación.

Oportunidades de empleo y desarrollo humano: La creación de una nueva industria del hidrógeno verde podría generar empleos en diferentes áreas, como la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución de hidrógeno. Estas oportunidades laborales podrían contribuir al desarrollo humano, mejorar las condiciones socioeconómicas de la región y fomentar la capacitación y formación de trabajadores en habilidades relacionadas con las energías renovables.

Desarrollo de tecnologías nacionales: Parte del objetivo de este proyecto es desarrollar las membranas que se usarán tanto en la desalinización del agua como en la separación de hidrógeno. Esto potenciaría un nuevo mercado nacional y permitiría la reducción de costos por importación de materias primas.

Una nueva pregunta surge y es: ¿la generación de energía eléctrica mareomotriz es viable y resiliente?

Por último, consideramos que la producción de Hidrógeno Verde Mareomotriz impacta de manera positiva la región porque:

- La fuente de energía es renovable, resiliente y altamente predecible.
- La materia prima sería agua marina evitando así afectar fuentes de agua dulce.
- Se incluiría al Pacífico colombiano como productor de talla mundial de Hidrógeno verde.
- Se daría inicio a una nueva industria de bajas emisiones de CO₂ y aprovechamiento de subproductos generados por la generación del hidrógeno y la desalinización.
- La escalabilidad de los resultados de la futura planta piloto permitiría su instalación en diversos lugares del Pacífico colombiano.

8. ARTICULACIÓN DEL PROYECTO EN RESPUESTA A LOS RETOS ESTRATÉGICOS Y DEMANDAS TERRITORIALES, A PARTIR DE LOS ALCANCES TEMÁTICOS

La propuesta generará conocimiento, desarrollará y transferirá tecnología de producción de Hidrógeno verde apoyada con fuentes de generación eléctrica mareomotriz, mediante plantas piloto denominadas HVM. La propuesta se encuentra respaldada por entidades de la cuádruple hélice, quienes poseen capacidad técnica para contribuir al proyecto considerando las demandas territoriales. A continuación, se explica la articulación.

Nariño

Reto 3. Asegurar la generación, acceso y uso de energías sostenibles para todos

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Demanda 1: Desarrollar estrategias de generación, uso, aprovechamiento y acceso de energías sostenibles y renovables para el fortalecimiento de la resiliencia regional, a partir del reconocimiento de los recursos tecnológicos, ambientales, sociales y económicos mediante la implementación de 4 proyectos CTel con cobertura en al menos el 10% de los municipios del departamento de Nariño, durante los próximos 5 años.

Se articula en el objetivo 1, actividades 1 y 2, y con el objetivo 2, actividad 1, 2 y 3.

Demanda 2: Fomentar procesos de generación de conocimiento científico y tecnológico relacionado con energías sostenibles para toda la población, mediante la implementación de al menos 3 proyectos de CTel que promuevan la formación de alto nivel (Maestría y Doctorado), la transferencia de conocimiento, divulgación tecnológica y el impulso de vocaciones tempranas en el ámbito energético durante los próximos 6 años.

Se articula en el objetivo 3, actividades 1, 2, 3 y 4.

Valle del Cauca:

Reto 3: Asegurar la generación, acceso y uso de energías sostenibles para todos

Demanda 1: Impulsar el desarrollo y la implementación de tecnologías para la generación, almacenamiento y transporte de energía a partir de fuentes no convencionales, buscando el uso eficiente de la energía mediante actividades de I+D+I, transferencia de tecnología y apropiación social del conocimiento. Esto se pretende lograr con al menos 2 proyectos de CTel financiados entre los años 2025 y 2030, buscando una mayor capacidad energética a partir de fuentes no convencionales y la reducción en el consumo de energía fósil. Además, se busca incrementar la articulación de I+D+I orientada a la acción climática, para mitigar los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad en la región pacífica del Valle del Cauca.

Se articula en el objetivo 1, actividades 1 y 2, y con el objetivo 2, actividad 1, 2 y 3.

Demanda 2: Promover y fortalecer al menos 2 proyectos de generación de conocimiento y acciones prácticas sobre energías renovables (biomasa, solar, eólica, PCH, energía de los mares, hidrógeno verde, entre otros) para el Valle del Cauca en el período 2025-2030. Incrementando la articulación de I+D+I orientada a la acción climática, para mitigar los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad en la región pacífica del Valle del Cauca, a través del incremento de los niveles de transferencia y adopción de tecnología y conocimiento entre los actores del ecosistema de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación, asociados a las vocaciones productivas y las problemáticas socioeconómicas del Valle del Cauca.

Se articula en el objetivo 3, actividades 1, 2, 3 y 4.

9. MARCO CONCEPTUAL

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

El rápido aumento de la población humana, las industrias y la modernización de los estilos de vida, ha elevado la demanda de combustibles fósiles para apoyar la generación de electricidad. El cambio climático, principal preocupación ambiental mundial, está estrechamente relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el cual ha motivado la creación de acuerdos internacionales para mitigar las emisiones de GEI. Iniciativas como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, tienen como meta promover el acceso a energías limpias y sostenibles (Renovables) motivando estrategias para mitigar los impactos del cambio climático. Actualmente, países como China, Estados Unidos y la Unión Europea están liderando la transición a las energías renovables. La demanda mundial de electricidad aumentó un 75% entre 2000 y 2018, de 13.152 TWh a 23.031 TWh, y se estima que aumentará en un 58% en los próximos 20 años (Cabello et al., 2019; Rueda-Bayona et al., 2019b).

Esa creciente demanda de electricidad podría apoyarse con energías renovables (ER), siendo los sistemas hidroeléctricos una opción atractiva debido a sus bajas emisiones de GEI (41 gCO₂eq. /KWh) en contraste con la eólica (80 gCO₂eq. /KWh) y la solar (90 gCO₂eq. /KWh) (Badrul Salleh et al., 2019a). Los sistemas hidroeléctricos pueden explotarse con plantas tradicionales a gran escala con embalses de gran tamaño (Xu et al., 2015a), o utilizando turbinas hidrocinéticas a menor escala instaladas dentro del flujo natural de la corriente de agua o de marea (Yuce & Muratoglu, 2015a). Las turbinas hidrocinéticas, clasificadas en turbinas de flujo axial y de flujo transversal, se han aplicado en corrientes fluviales, mareomotrices y oceánicas (Behrouzi et al., 2016b). En comparación con otras fuentes renovables como la energía eólica terrestre y marina, la energía solar, la biomasa y la geotermia, la energía hidroeléctrica tiene ventaja sobre estas debido a su alta densidad de energía, la previsibilidad de su producción eléctrica, el factor de capacidad, las menores emisiones de GEI, bajo impacto visual y manejables costos de generación (Maldar et al., 2020a).

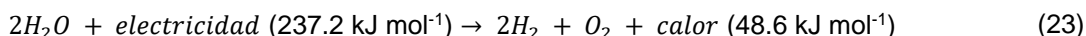
El uso de tecnologías renovables no convencionales, incluida la energía solar, eólica, de biomasa y de pequeñas centrales hidroeléctricas, puede ayudar a abordar la necesidad de proporcionar energía limpia a lugares remotos (Bersalli et al., 2020a; Tewari et al., 2015) y a comunidades con acceso a electricidad costosa y de baja calidad Haga clic o pulse aquí para escribir texto.(Quintero & Rueda-Bayona, 2021)(Quintero & Rueda-Bayona, 2021). En particular, las microturbinas hidrocinéticas pueden ser fundamentales porque pueden operar en condiciones de baja velocidad de flujo (0.3 a 0.7 m/s) y por ello requieren de pequeña infraestructura y una baja concentración de energía (Gharib Yosry et al., 2021) en comparación a turbinas mareomotrices de mayor tamaño como las instaladas de la Bahía de Fundy en Canadá¹². Las microturbinas hidrocinéticas (MH) con diámetros de barrido inferiores a 1 m están limitadas a aguas poco profundas, lo que limita la generación de energía a unos pocos cientos de vatios en estas condiciones (Kirke, 2020). Por lo tanto, las MH deben agruparse y configurarse en redes o matrices para generar suficiente electricidad para ser distribuida a las poblaciones cercanas (Gharib Yosry et al., 2021), por lo que investigar sobre las MH es fundamental para hacer factible y accesible la tecnología mareomotriz en Colombia.

9.1. Producción de Hidrógeno Verde por procesos electroquímicos

¹² <https://www.cnbc.com/2021/08/06/tidal-power-project-in-canada-secures-support-of-japanese-firms.html>

El Hidrógeno Verde es una forma de gas hidrógeno producido a través de procesos electroquímicos y fuentes de energía renovables como eólica, solar y mareomotriz; esta última, producto del aprovechamiento de las corrientes marinas mediante la instalación submarina de estructuras similares a los aerogeneradores (Quintero González, J. R., Quintero González, 2015). Se considera “verde” porque no genera emisiones de carbono durante su producción, lo que lo hace una alternativa ecológica a los métodos convencionales de producción de hidrógeno.

La producción de hidrógeno verde se hace mediante electrolizadores, los cuales separan compuestos mediante el uso de electricidad y agua de acuerdo con la siguiente reacción:



Las celdas electroquímicas o electrolizadores contienen dos electrodos (ánodo y cátodo) que se encuentran separados por un electrolito. Cuando se aplica la corriente eléctrica, las moléculas de agua cerca del ánodo sufren una oxidación, liberando gas de oxígeno, mientras que las moléculas cerca del cátodo sufren reducción, produciendo gas de hidrógeno a bajas o altas temperaturas y en escalas entre kilovatios hasta megavatios de capacidad (Howarth & Jacobson, 2021)..

Las celdas electroquímicas se clasifican comúnmente en dos tipos principales: alcalinas y de membrana de intercambio de protones (PEM). Las celdas electroquímicas alcalinas utilizan un electrolito de hidróxido de potasio (KOH), el cual mejora la conductividad eléctrica del agua. Estas celdas funcionan a temperaturas y presiones relativamente altas, y el gas de hidrógeno producido es de alta pureza.

Por otro lado, las celdas PEM emplean membranas y operan a temperaturas y presiones más bajas. Estas celdas ofrecen tiempos de respuesta más rápidos y una mayor flexibilidad para fuentes de energía intermitente. Además, son más compactas y adecuadas para aplicaciones descentralizadas.

En ambos tipos de celdas, los electrodos suelen estar fabricados con metales como el platino o el níquel. Estos metales actúan como catalizadores para facilitar la reacción de división del agua.

Purificación del Hidrógeno por proceso de membranas

Para hacer efectiva la producción de hidrógeno se requiere el uso de membranas para la separación y producción de hidrógeno. Las membranas de intercambio iónico son una de las alternativas de amplia disponibilidad para la purificación de hidrógeno. Sus principales ventajas comprenden el bajo consumo energético, buenas propiedades ambientales y una facilidad de acople a unidades de reacción, como reactores de membranas multifuncional (Di Marcoberardino, G., Binotti, M., Manzolini, G., Viviente, J. L., Arratibel, A., Roses, L., & Gallucci, 2017; Pinacci, P; Basile, 2013). Durante años, se han usado membranas de base metálica densa, debido a su capacidad de transporte de hidrógeno en su forma disociativa junto con una permeabilidad selectiva teóricamente completa (Al-Mufachi et al., 2015). Los metales como el paladio (Pd), níquel (Ni) y platino (Pt), sean en su forma pura o en aleación y debido a su estructura, tienen la capacidad de permitir la difusión del hidrógeno a través de la red metálica impidiendo a su vez la permeación de moléculas indeseadas (Alique et al., 2018; Rahimpour et al., 2017a).

El Paladio (Pd) es el mejor candidato para la fabricación de membranas de separación de hidrógeno (Rahimpour et al., 2017b) debido a su excelente permeabilidad, autocatalización de las reacciones de disociación de H₂, resistencia a la fragilización por hidrógeno y a su capacidad catalítica para recombinar el gas (Gade et al., 2008).

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

sin embargo, los altos costos del metal y su inestabilidad térmica representan grandes deficiencias al momento de su uso(Conde et al., 2017; Dube et al., 2023).

La tecnología en membranas poliméricas ha avanzado en el campo de producción, separación y purificación de hidrógeno. Como la afinidad entre el hidrógeno y los materiales poliméricos es más débil, la solubilidad de este en una matriz polimérica se verá gravemente afectada(Yin & Yip, 2017a), sin embargo, estudios demuestran que los polímeros vítreos pueden considerarse como prometedores en lo que concierne a la separación de gas H₂ de tamaño pequeño, ya que las membranas sintetizadas a partir de estos materiales presentan gran resistencia mecánica y excelente selectividad(Saini & Awasthi, 2022a) entre ellos se encuentran: Policarbonato (PC), poliimida (PI), polisulfona (PSF), polietersulfona (PES) y polibencimidazol (PBI), destacándose el PI y PBI como los de mayor utilidad en este campo. Además, se tiene que las membranas que presentan una matriz rígida, de estructura vítrea, son selectivas para el hidrógeno, mientras las membranas postuladas a partir de material gomoso son selectivas para el CO₂ (Yin & Yip, 2017b).

Las membranas poliméricas pueden proporcionar una permeabilidad con inversión mucho más baja, sin embargo, la gran desventaja yace en que se encuentran restringidas por la baja temperatura de funcionamiento y una menor selectividad en comparación a las membranas de base metálicas(Saini & Awasthi, 2022b). Es así como recientes investigaciones se centran en la formulación de membranas poliméricas que permitan altas eficiencias de separación, y estabilidad térmica.

Desalinización de aguas para la producción de Hidrógeno

Para la producción de Hidrógeno verde se requieren dos insumos: agua y energía. Las características de calidad de agua deben ser tales, que la energía requerida sea principalmente para lograr la electrólisis de agua. La Electrodiálisis (ED) es un proceso usado en tratamiento de aguas que permite la remoción de componentes que interfieren en el proceso de producción de hidrógeno. Al igual que la electrólisis del agua, requiere la aplicación de un potencial eléctrico para producir un gradiente de actividad que provoca transporte de iones de una solución de electrolitos a otra, a través de una membrana o superficie del electrodo(Arana Juve et al., 2022). Si el agua a tratar es agua salina se obtiene la producción de dos corrientes: un diluido y un concentrado. El diluido es usado para la producción del hidrógeno y el concentrado o salmuera puede ser aprovechado para otros procesos como producción de Hipoclorito de sodio. El objetivo en diseños eficientes de sistemas de ED se basa en la minimización de la resistencia eléctrica y la fuga de la corriente garantizando una distribución uniforme en todo el sistema.

Las membranas que son usadas en los sistemas de ED pueden ser poliméricas o cerámicas, que se clasifican dependiendo de su base como por ejemplo hidrocarburos o bases de perfluorocarbono. Normalmente se utilizan membranas de perfluorocarbono en aplicaciones que tienen altas estabilidades químicas y térmicas, tales como procesos cloroalcalinos y celdas de combustible(Nazif et al., 2022a). Las propiedades de transporte de las membranas están relacionadas con la naturaleza y concentración de los grupos cargados. Grupos de ácido sulfónico con cargas negativas fijas y grupos de amonio cuaternario con carga positiva fija son comunes en la mayoría de los sistemas de ED disponibles en el mercado(Nazif et al., 2022b). Cuando se requiere la remoción de iones específicos, es necesario adaptar membranas de alta selectividad(Gohil et al., 2006; Obaid et al., 2015; Tufa et al., 2020). Para ello se utilizan polímeros intrínsecamente conductores (PC), los cuales son usados para discriminar entre especies de diferentes tamaños y misma carga presente en un efluente(Yu et al., 2018). El uso de PC disminuye la penetración de cationes divalentes y mejora la selectividad por diferentes razones. Los poros

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

de la membrana modificadas con PC pueden ser más pequeñas que las de las no modificadas, lo que dificulta el paso de iones más voluminosos. Además, los PC pueden alterar el carácter hidrofílico de la membrana, lo que resulta en una fuerte interacción de iones con las cargas positivas de los PC. La porosidad, hidrofilia y cantidad de carga de los PC se puede modificar mediante la polimerización con procesos químicos o electroquímicos. La polimerización electroquímica presenta importantes ventajas sobre la síntesis química, ya que no se requiere un agente oxidante, sin embargo, aún hay poca información disponible sobre los métodos electroquímicos utilizados (Taghizadeh et al., 2020). Dentro de los polímeros conductores de mayor interés a nivel internacional está el Polipirrol. Se caracteriza porque al ser usado en membranas, reúne las propiedades eléctricas de los metales y la flexibilidad y baja densidad de los plásticos. Adicionalmente tiene buenas propiedades redox, alta estabilidad en forma oxidada y conductividad eléctrica. El polipirrol es un polímero conductor con carga positiva en su forma oxidada, sin embargo, es necesario evitar la sobre oxidación ya que pierde conductividad. Debido a sus excelentes propiedades intrínsecas no solo es un potencial candidato para sistemas de electrodiálisis sino también para varias aplicaciones como: supercondensadores, baterías, biosensores, recubrimientos antiestáticos, textiles y telas (Deshmukh & Chidambaram, 2017). A pesar de que a nivel internacional cada año crece las investigaciones relacionadas con el polipirrol, alcanzando más 1400 publicaciones en el 2021, en Colombia aún es necesario estudiar y evaluar el gran potencial de este tipo de polímeros en diversas aplicaciones (Clarivate, n.d.).

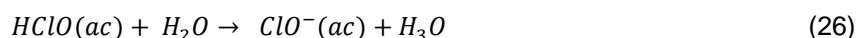
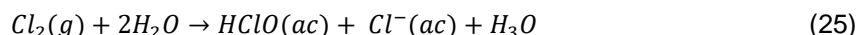
Aprovechamiento de la salmuera para la producción de hipoclorito de sodio.

Como se indicó anteriormente, uno de los subproductos generados en la desalinización de aguas de mar es el concentrado o salmuera. Este subproducto puede ser aprovechado para la producción de hipoclorito de sodio mediante procesos de electrólisis. El proceso se describe a continuación:

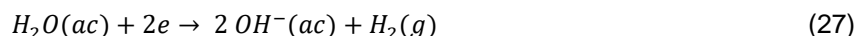
Primero, durante la electrólisis de cloruro de sodio se produce cloro en el ánodo, como se representa en la siguiente ecuación (Czarnetzki & Janssen, 1992):



El producto final depende de las condiciones operacionales de la celda. La hidrólisis del cloro y la disociación del ácido hipocloroso forman hipoclorito y cloruro en la disolución, que se encuentra relacionado con el cambio de pH en la celda (Czarnetzki & Janssen, 1992):



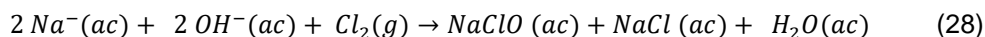
En la electrosíntesis de hipoclorito, los productos de las reacciones anódica y catódica se encuentran mezclados; los iones hidroxilos (OH^{-}) formados en el cátodo mantienen el electrólito cerca de la neutralidad. En estas condiciones, la concentración de cloro disuelto cerca de la superficie del ánodo permanece lo suficientemente baja, permitiendo así la evolución del cloro gaseoso y dejando el hipoclorito como producto principal (Ramakrishna & Venugopal Rao, 2021).



Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Los iones OH^- del área catódica y se combinan con Na^+ y Cl_2 hacia el ánodo, produciendo una solución de hipoclorito de sodio (Al-Hamaiedeh, 2013):



El hipoclorito producido puede ser aprovechado en diferentes procesos productivos como desinfección, dentro del sistema de tratamiento de aguas para la producción de hidrógeno, o como suministro para potabilización de aguas.

9.1. Sistemas Híbridos de Energía Renovable.

El 53% del territorio colombiano depende de soluciones energéticas descentralizadas, basadas en grupos electrógenos alimentados con diésel y, en algunos territorios, complementados con pequeñas centrales hidroeléctricas y soluciones solares (Torres et al., 2021). Aunque las soluciones desconectadas de una red principal (off-grid) cubren la mayoría del territorio colombiano, éstos suplen la necesidad energética del 3% de la población nacional (Vides-Prado et al., 2018). Estas comunidades se caracterizan por su baja densidad poblacional, bajo perfil de carga y alta diseminación en el territorio, lo que hace inviable técnica y económicamente la extensión del sistema interconectado nacional a dichos territorios. De acuerdo con cifras del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE), la región pacífica compuesta por los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Chocó, concentra la mayor cantidad de usuarios no atendidos por el sistema interconectado nacional (*Informes De Operación – IPSE-CNM*, n.d.) (ver Figura 20). No obstante, la alta implementación de grupos electrógenos en estos territorios no garantiza un servicio de energía eléctrica constante y de calidad para sus pobladores, limitando el progreso y desarrollo socio-económico en estas comunidades del país.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Figura 20. Distribución geográfica y densidad poblacional de las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia. Tomado de (Rodríguez-Urrego & Rodríguez-Urrego, 2018).

Colombia es un país productor y exportador de hidrocarburos, pero sus principales reservas y zonas de explotación escapan de la región del Pacífico, lo que implica la importación del diésel desde otras regiones para atender la alta demanda de hidrocarburos en las ZNI. Además, el uso del diésel en sistemas energéticos trae consigo numerosas desventajas: i) emisión de gases de efecto invernadero (GHG) preocupación global (Kumar Nandi & Ranjan Ghosh, 2010), ii) degradación de la salud humana (Diab et al., 2016), iii) altos costos de operación sustentados en el transporte, logística (Ma & Javed, 2019) y almacenamiento del diésel. Sumado a lo anterior, la alta y desfavorable incertidumbre en el precio del petróleo, el bajo ingreso per cápita de las comunidades aisladas (Castañeda et al., 2018) y la creciente preocupación de los gobiernos por disminuir los GHG, abren el camino a la incorporación de nuevos sistemas energéticos, que prioricen los recursos primarios (renovables y locales) con mayor potencial, y mejoren la respuesta, calidad y estabilidad del suministro eléctrico con la asociación de diversos sistemas de almacenamiento. Por lo anterior, es fundamental transitar hacia sistemas híbridos de energía renovable (HRES, por sus siglas en inglés) off-grid, donde se aprovecha el recurso renovable local (sol, viento, biomasa, mareas, olas, etc.) para satisfacer las necesidades energéticas de las comunidades descentralizadas (Guía et al., 2022) y de los proyectos productivos en la región pacífica.

Los HRES se han estudiado ampliamente en la literatura científica (Blum et al., 2013a; Bortolini et al., 2015b; Gan et al., 2015b; Jahangir et al., 2020b; Kamali, 2016b), demostrando su impacto positivo en las comunidades y la estabilidad del sistema eléctrico descentralizado. En ese sentido, y considerando los niveles de radiación promedio en Colombia de 4.5 kWh/m²/día, que sobrepasan el promedio mundial de radiación (Rodríguez-Urrego & Rodríguez-Urrego, 2018), los regímenes de viento importantes en la zona costera y *offshore* y el alto potencial

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



energético de las mareas en la costa pacífica (Rueda-Bayona, Vélez, et al., 2023), es esencial potenciar los HRES en Colombia que respondan a: i) independencia energéticas de las comunidades en ZNI, ii) mejorar la respuesta en salud y educación de la Colombia profunda y olvidada a través de sistemas energéticos sostenibles y de calidad, iii) minimizar la dependencia de combustibles fósiles, sus efectos adversos en la atmósfera y el alto costo por su transporte y logística, iv) cumplir con los acuerdos internacionales vinculantes que Colombia ha suscrito y, iv) no menos importante, mejorar la calidad de vida de las poblaciones descentralizadas e incrementar su desarrollo socio-económico.

El alcance de los HRES no solo se limita a comunidades o poblaciones aisladas, se integra fácilmente a proyectos productivos, industriales e incluso a la generación de nuevos vectores energéticos como el hidrógeno (Ceylan & Devrim, 2023b; Kong et al., 2019b; Nasser et al., 2022b; Sarker et al., 2023b). Una vez se ha caracterizado el recurso renovable: sol, viento, mareas, olas, etc., acoplar la tecnología de producción del hidrógeno (electrólisis) al HRES off-grid es un proceso de ingeniería sin mayores desafíos. Al obtener este vector energético a partir de procesos electroquímicos no emisores de GHG, la gama de aplicaciones va desde la producción de fertilizantes (amoníaco) hasta el suministro de electricidad (Sarker et al., 2023b) en ZNI, refrigeración de industrias pesqueras, preparación de alimentos, diversos procesos industriales o incluso para atender la demanda energética del puerto de Buenaventura.

9.2. Energía Mareomotriz (turbinas de corriente).

Las turbinas de corriente consisten en un conjunto de palas montadas sobre un núcleo denominado rotor (Dong et al., 2021b), y cuenta con una caja reductora y un generador. La caja reductora se usa para cambiar la velocidad del eje y transmitirla a unas velocidades más adecuadas para el generador. Cambiar la velocidad es una complicación para todo el sistema porque el tamaño de la caja reductora es un factor crítico. Por eso, la distribución de cargas y la duración del patrón en las corrientes marinas deben ser analizadas. Las palas del rotor se mueven por el efecto hidrodinámico del agua pasando a través de estas. La caja reductora se utiliza para pasar de la velocidad del eje del rotor a la velocidad del generador. Luego, la electricidad que se ha generado es enviada a tierra a través de cables. La turbina está sujeta a una estructura (cimentación) que debe de ser capaz de resistir las fuerzas hidrodinámicas y los efectos del agua de mar sobre los materiales (Jodar Hernandez, 2020).

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

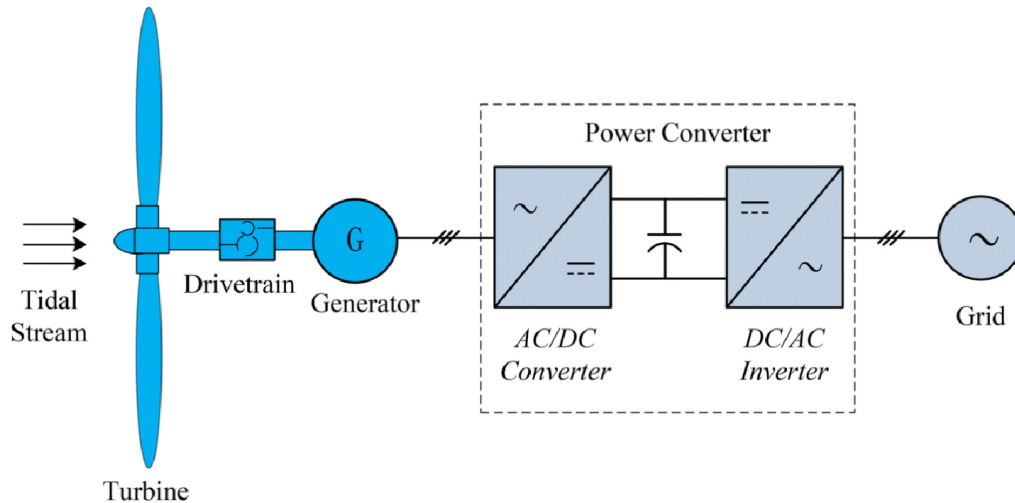


Figura 4. Esquema de funcionamiento de una turbina mareomotriz. Fuente:(Dong et al., 2021a)

6.5.1 Turbinas de eje vertical

Las turbinas de eje vertical (VAWT, por sus siglas en inglés) representan una solución técnica versátil para la captación de energía de corrientes marinas y mareas, destacándose por su capacidad omnidireccional que les permite operar eficientemente sin necesidad de mecanismos de orientación (yaw) ante cambios en el sentido del flujo. Su diseño mecánico facilita que los componentes de generación y transmisión se ubiquen de forma más accesible, lo que simplifica las labores de mantenimiento y reduce los costos operativos en entornos submarinos hostiles. Aunque históricamente han enfrentado retos en cuanto a la eficiencia máxima y la fatiga estructural por cargas cíclicas en comparación con las de eje horizontal, su capacidad para trabajar en arreglos densos y en profundidades menores las posiciona como una tecnología clave para maximizar la densidad de potencia en granjas de energía marina. Las turbinas de eje vertical comparten similitudes fundamentales con las turbinas de eje horizontal, aunque su eje de rotación es diferente, el plano de rotación es perpendicular a un eje vertical. Estos dispositivos son más adecuados para áreas donde existe alta variabilidad en la dirección de las corrientes de marea. A continuación, se describen los conceptos más conocidos (Xu et al., 2015b). Ejemplo de estas turbinas son las que se utilizan en el presente proyecto i.e BeamReach (Figura 14).

9.5.1 Turbinas de bulbo

Son turbinas de flujo axial similares a las turbinas Kaplan, con la diferencia de que su diseño permite aumentar el caudal y potencia específica gracias a una mejor distribución del perfil de velocidades. El propósito de estas turbomáquinas es operar en instalaciones de bombeo y turbinado con pequeñas diferencias de altura. El generador se sitúa sumergido en el canal de carga junto al rotor, dentro de una estructura de acero conocida como submarino. Una innovación incorporada a este tipo de turbinas es que el eje se sitúa de manera paralela a las líneas de flujo, mejorando así la eficiencia del rotor. Otra novedad es la inclusión de un tubo de aspiración en

forma de sifón para ciertas construcciones, un sistema que solo puede emplearse con estas turbinas. Estos sistemas son reversibles, lo que significa que pueden funcionar tanto como bomba o turbina, gracias a que los álabes están diseñados para permitir la circulación cerrada (Figura 21).

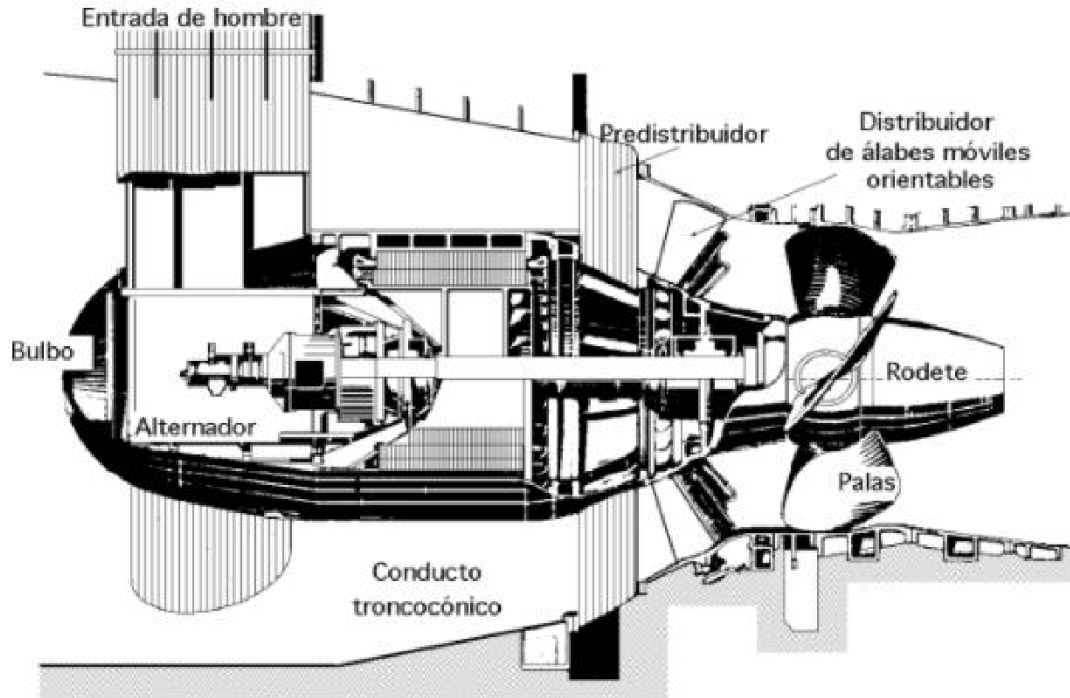


Figura 21. Partes de una turbina de bulbo.
(Morejón et al., 2019)

Por otro lado, en este tipo de turbinas se han realizado una serie de ajustes en el diámetro del rotor para disminuir el espacio en la construcción del dique y así disminuir costos en la construcción civil. Existen tres tipos de turbinas de bulbo más utilizadas en centrales mareomotrices:

- Turbina Straflo: posee un generador muy eficiente (enfriamiento del rotor y estator mediante agua). En la actualidad, las palas de estas turbinas son adaptables y presentan una estructura compacta, lo que les proporciona una ventaja considerable en términos de reducción de espacio.
- Turbina tubular o turbina de Kaplan tipo S: La turbina se conecta al generador, ya sea de forma directa o a través del uso de una caja de cambios. Las palas pueden ser ajustadas en función de la necesidad de demanda de energía.
- Turbina de pozo: Es una variante de la turbina tipo bulbo que incorpora una caja de cambios con un engranaje cónico de ángulo recto para aumentar la velocidad, y utiliza poleas y correas para generar

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

velocidades más bajas. El eje de diseño horizontal es de 15° a 45°, facilitando la inspección, mantenimiento y reparación (Xu et al., 2015b).

Ejemplo de estas turbinas son las que se utilizan en el presente proyecto i.e IMPETUS-Enríquez (Figura 16).

9.5.2 Turbinas de tipo kaplan

La relevancia de esta turbina radica en su capacidad para funcionar en saltos de baja altura y altos caudales, así como en su amplia capacidad de regulación en condiciones de rendimiento favorable. Existe una tendencia hacia la construcción de turbinas cada vez más rápidas (según un parámetro específico). La turbina Kaplan es normalmente considerada como una irreversible, sin embargo, los avances en el campo de las turbinas tipo bulbo han permitido que la turbina Kaplan también funcione de manera reversible, pudiendo funcionar en ambos sentidos de rotación según sea el caso del generador (o motor). Este uso está exclusivamente destinado a las plantas de bombeo (Morejón et al., 2019).

9.5.3 Turbinas Darrieus

Es una turbina de eje vertical (Figura 22) que fue diseñada y patentada en 1931 por el ingeniero francés Georges Darrieus en los Estados Unidos. Su estructura consta de dos o tres álabes con perfiles aerodinámicos y un eje central que es perpendicular al movimiento del fluido. Esta turbina tiene la capacidad de generar un alto torque con flujos bajos. Sin embargo, debido a los cambios constantes en los ángulos de ataque y su inestabilidad causada por la rotación, ha causado que no tenga muchas aplicaciones a nivel comercial (Badrul Salleh et al., 2019b)

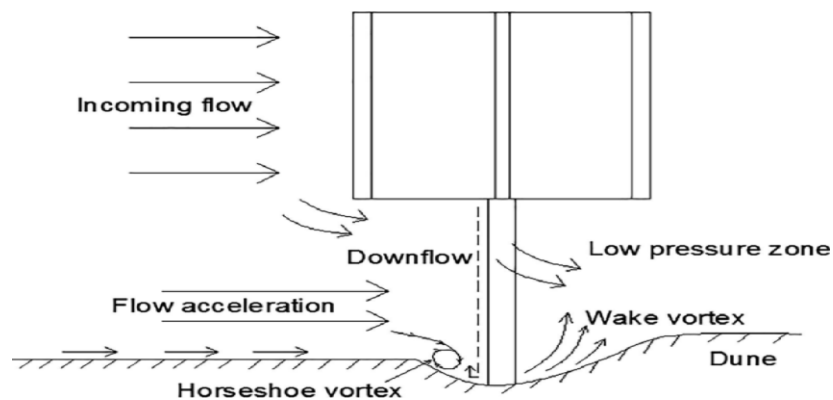


Figura 22. Esquema de funcionamiento de una turbina Darrieus.
(Yuce & Muratoglu, 2015b)

9.5.4 Turbina Savonius.

El diseño del rotor Savonius fue creado en 1922 por SJ Savonius (Figura 23). Estos rotores son dispositivos de arrastre o resistencia y se caracterizan por tener dos palas que son las mitades de un cilindro cortadas por una línea curva y desplazadas lateralmente, formando una figura en forma de S. Debido a su curvatura las palas

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

experimentan menos resistencia al moverse en contra del flujo del fluido que a favor de él, lo que hace que la turbina comience a girar. Tienen la ventaja de no requerir una orientación precisa en relación con el sentido de flujo del fluido, son más resistentes a la turbulencia y tienen un par de arranque que les permite comenzar a girar incluso con bajas velocidades. Su construcción es sencilla y su costo es bajo, sin embargo, presenta un rendimiento relativamente bajo y su velocidad de rotación es reducida (Behrouzi et al., 2016a).

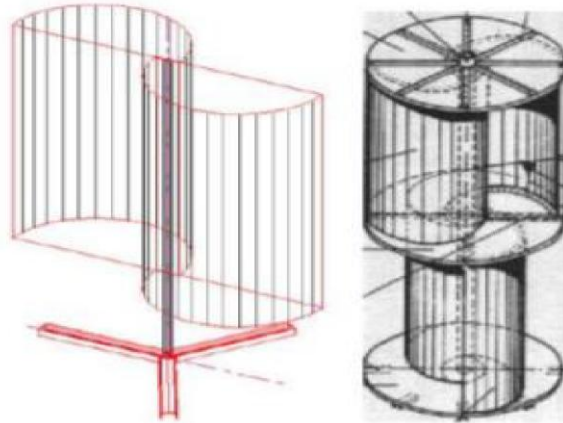


Figura 23. Turbina Savonius.

9.5.5 Turbina Helicoidal Gorlov

GCK Technology Inc. implementó la turbina Gorlov (Figura 24), la cual está compuesta por palas helicoidales que giran en torno a una superficie cilíndrica como una rosca de tornillo. Estas palas producen un empuje de reacción perpendicular a los bordes delanteros, lo que las hace avanzar más rápido en el flujo del fluido. Como resultado, esta turbina puede aprovechar la energía cinética de una gran masa de agua lenta con un rotor simple. Además, las palas helicoidales aseguran un par constante durante todo el ciclo, lo que reduce significativamente las vibraciones y aumenta la eficiencia. De hecho, algunos generadores han logrado alcanzar una eficiencia del 35% (Maldar et al., 2020b).



Figura 24. Turbina Helicoidal Gorlov.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

9.5.6 Turbina kobold

Este sistema consta de un rotor equipado con tres palas diseñado con un perfil sin cavitación y equipado con un sistema de contrapeso original que garantiza automáticamente el mejor ángulo de ataque durante todo el ciclo (Figura 25).

La turbina Kobold ha sido diseñada para alcanzar el nivel más alto posible de protección y eficiencia ambiental, con bajos costos de construcción y mantenimiento. Todo el sistema se monta en una plataforma flotante de 10 metros de diámetro, anclada al fondo marino mediante 4 bloques de cemento. El multiplicador de revolución mecánica tiene una razón de 1:161, el generador eléctrico es sin escobillas con capacidad de generar una potencial nominal de 160 kVA y está conectado a una unidad de control capaz de suministrar energía a la red. El rotor tiene un diámetro de 6 metros y consta de tres álabes rectos con un perfil llamado HL-18 que puede garantizar altas eficiencias hidrodinámicas y al mismo tiempo evitar el problema de cavitación. (Bersalli et al., 2020b)

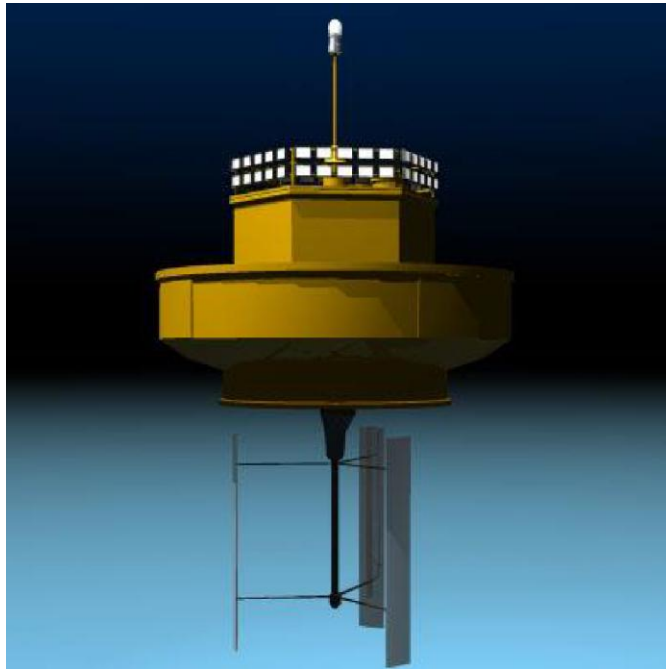


Figura 25. Turbina Kobold.

9.3. Mecánica de fluidos

La mecánica de fluidos es el área de la ciencia que estudia las interacciones entre sustancias en estado fluido y otros estados. Para este proyecto En esta área de la ciencia partiendo de los supuestos de flujo incompresible es decir, una densidad de masa constante del fluido de trabajo y de la ausencia de gradientes de temperatura

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

indicando que no se usará la ecuación de energía, se procede a basar el estudio en dos ecuaciones de gobierno que son: la ecuación de conservación de masa y la ecuación de balance de momentum, siendo la última clasificada a través de un enfoque integral en: balance de momentum lineal y balance de momentum angular (Korpela, 2012; Turton, 1995; White, 2011).

Para el caso particular de estudio de turbinas de corriente y son el marco teórico descrito previamente se han propuesto históricamente, modelos analíticos basados en simplificaciones a las ecuaciones de balance de momentum como la ecuación de Euler, en la cual se desprecian efectos viscosos y su extensión en el marco del momentum angular, la ecuación de Euler para turbomaquinaria que emplea insumos provenientes del triángulo de velocidades.

Adicionalmente herramientas presentadas por la teoría de álabes - *Blade Theory* - (Downie et al., 1993; Wallis, 1965) y la teoría del flujo deslizante (Slipstream theory) (Korpela, 2012) y turbinas de presión hidrostática (Quaranta, 2020) serán usadas para hacer un predimensionamiento de las propuestas a estudiar en el proyecto.

9.4. Dinámica computacional de fluidos - CFD

Con el fin de obtener información adicional en el desempeño hidrodinámico de las máquinas hidráulicas que se estudian en este proyecto, se requieren herramientas computacionales de simulación, las cuales se basan en modelos matemáticos que entregan la dinámica computacional de fluidos (Computational fluid Dynamics - CFD). Para el estudio de las máquinas hidráulicas en este proyecto las cuales se encuentran en dos tipos de entorno, completamente sumergidas y de superficie libre, se usará un software de uso libre denominado openFoam (OpenFOAM-Foundation, 2022) y empleando procesadores de flujo incompresibles en escenarios monofásicos (turbinas sumergidas completamente) o bifásicos (turbinas parcialmente sumergidas o de superficie libre).

Con base en las restricciones actuales de infraestructura computacional se seleccionará la solución de las ecuaciones de Navier Stokes ponderadas en el tiempo (Reynolds Averaged Navier Stokes RANS) y las ecuaciones ponderadas de filtro (Filtered Averaged Simulation - FAS) para simulaciones de grandes torbellinos (Large Eddy simulations) (Hoffmann & Chiang, 2000) cuyas soluciones numéricas demandan el uso de modelos de turbulencia para cerrar el problema matemático que se expande al involucrar la turbulencia del fenómeno como una descomposición estadística que cambia dependiendo si es un enfoque RANS o LES.

9.5. Interacción Fluido estructura - FSI

Para el desarrollo de las turbinas de corriente es necesario evaluar la integridad estructural durante la operación de la turbina así como posibles efectos dinámicos que se podrían presentar por efecto de la interacción entre el agua y la estructura de la turbina. Este tipo de estudios se ejecutan en una rama académica conocida usualmente como interacción fluido-estructura que actualmente se enfoca al uso de herramientas computacionales para evaluar numéricamente los efectos de estos fenómenos. No obstante, a nivel teórico se han desarrollado herramientas de una sola vía y de dos vías (Païdoussis, 1998), a través de simplificación extremas que no capturan los detalles intrínsecos del fenómeno pero sí la esencia del mismo y funcionan satisfactoriamente para pre-dimensionamientos pero no para análisis de fallas o el estudio de efectos particulares en esa interacción. Para este proyecto inicialmente se proponen herramientas de una vía para el diseño conservativo de las turbinas sin embargo, no se descarta en caso de registrar fenómenos de cavitación extrema, usar procedimientos de doble vía que son bastante demandantes a nivel computacional.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

9.6. Modelamiento hidrodinámico de cuerpos de agua marino-costeros.

La fuente de energía mareomotriz depende principalmente del movimiento de las aguas producto de las fuerzas gravitacionales del Sol y la Luna conocido como las mareas, el efecto del viento superficial, las diferencias de densidad en la columna del agua y la rotación del planeta. En ese sentido, el campo hidrodinámico generado y los cambios del nivel del mar requieren del análisis océano-atmosférico de la zona de estudio. Por consiguiente, el modelamiento hidrodinámico calibrado-validado se considera una herramienta fundamental no solo para caracterizar las condiciones oceanográficas medias y extremas de la zona, si no también permite simular escenarios hipotéticos del campo hidrodinámico.

Estos escenarios hipotéticos permiten simular el efecto que tendría el cambio climático, El Fenómeno El Niño – La Niña, modificaciones geomorfológicas de origen antrópico o natural, o cualquier infraestructura o tecnología sobre la hidrodinámica de los cuerpos de agua marino costeros. El modelamiento hidrodinámico es fundamental para calcular los potenciales de energía mareomotriz, debido a que las corrientes simuladas permiten estimar el potencial de energía hidrocinética, y las simulaciones del cambio del nivel del mar son insumo para el cálculo de las cabezas hidráulicas que se aprovecharían en los embalses de marea.

El modelo numérico Delft3D (Deltares, 2014a) posee diversos módulos para simular procesos hidrodinámicos, de los cuales están el computacional Flow y el módulo Water Quality. Flow resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes, considerando la asunción de Boussinesq, en la cual el efecto de la variable de densidad es tenido en cuenta en los términos de presión. La turbulencia es considerada mediante los esfuerzos de Reynolds y es representada a través de las aproximaciones k-l y k-ε (Uittenbogaard et al., 1992); el modelo emplea el esquema temporal ADI (*Alternating Direction Implicit*).

Las ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento en la dirección x y y se expresan respectivamente como: (1, 2, 3).

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} - fv + \frac{1}{\rho_0} P_x - F_x \frac{\partial}{\partial z} \left(v_v \frac{\partial u}{\partial z} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial vu}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial z} - fu + \frac{1}{\rho_0} P_y - F_y \frac{\partial}{\partial z} \left(v_v \frac{\partial v}{\partial z} \right) = 0 \quad (3)$$

Donde v_v representa la viscosidad de remolino, P_x y P_y las presiones, las cuales pueden ser calculadas a través de la aproximación de Boussinesq, integrándose en la vertical z (4, 5), donde ζ es la variación de la superficie libre por encima del nivel de agua de referencia, g es la gravedad, z es la coordenada vertical, ρ es la densidad del agua, y ρ_0 es la densidad de referencia del agua:

$$\frac{1}{\rho_0} P_x = g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{g}{\rho_0} \int_z^\zeta \left(\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial z'}{\partial x} \frac{\partial \rho}{\partial z'} \right) dz' \quad (4)$$

$$\frac{1}{\rho_0} P_y = g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{g}{\rho_0} \int_z^\zeta \left(\frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\partial z'}{\partial y} \frac{\partial \rho}{\partial z'} \right) dz' \quad (5)$$

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Los esfuerzos de Reynolds F_x y F_y son determinados empleando la viscosidad de remolino (6, 7)

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left(2v_H \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \quad (6)$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left(2v_H \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left[v_H \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \quad (7)$$

El transporte de sedimentos es simulado a través de la ecuación de advección-difusión, ecuación la cual también es conocida como la ecuación de transporte de cantidad de movimiento producto de las ecuaciones de la energía cinética turbulenta k y la energía disipación de energía turbulenta (8)

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} + \frac{\partial (w-w_s)c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_H \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_H \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial c}{\partial z} \right) + S \quad (8)$$

Donde w es el flujo en la dirección z , w_s es la velocidad de asentamiento de partícula en agua saturada, c la concentración de masa (kg/m^3), D_H y D_v son la tasa de deposición del sedimento cohesivo ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$) en la horizontal y vertical respectivamente. Se debe tener en cuenta que los términos de difusividad horizontal D_H y vertical D_v y la viscosidad horizontal v_H y vertical v_v , deben ser definidos en las condiciones iniciales.

La viscosidad horizontal v_H es determinada mediante la turbulencia bidimensional, definida mediante valores constantes, la viscosidad horizontal "background" v_H^{back} , la viscosidad de turbulencia 3D v_{3D} , y la viscosidad cinética v_{mol} (9):

$$v_H = v_H^{back} + v_{3D} + v_{mol} \quad (9)$$

La viscosidad vertical se determina considerando una mezcla sin resolver (10)

$$v_v = v_{mol} + \max(v_H^{back}, v_{3D}) \quad (10)$$

El modelo del cierre de turbulencia k - ϵ se acoplan a las ecuaciones de transporte, ignorando la interacción con el oleaje, y se expresa como (11, 12)

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u \frac{\partial k}{\partial x} + v \frac{\partial k}{\partial y} + w \frac{\partial k}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left[\left(v_{mol} + \frac{v_{3D}}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial z} \right] + P_k + B_k - \epsilon \quad (11)$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + u \frac{\partial \epsilon}{\partial x} + v \frac{\partial \epsilon}{\partial y} + w \frac{\partial \epsilon}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left[\left(v_{mol} + \frac{v_{3D}}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \right] + P_\epsilon + B_\epsilon - \epsilon_\epsilon \quad (12)$$

Donde los números de Prandtl-Schmidt son $\sigma_k = 1$ y $\sigma_\epsilon = 1.3$, P_k representa la producción de energía cinética turbulenta en flujos de corte, ϵ es la disipación por energía turbulenta (m^2/s^3) y k es la energía cinética (m^2/s^2). El flujo de empuje B_k , representa la transformación de energía cinética a potencial. P_ϵ y B_ϵ están asociados a la disipación de energía, y al flujo de empuje respectivamente.

En un esquema tridimensional, el esfuerzo cortante del lecho 3D ($\bar{\tau}_{b3D}$), o en otros términos la fricción del fondo, se determina a través del coeficiente de Chézy (C) (13, 14)

$$\bar{\tau}_{b3D} = \frac{g\rho_0\bar{u}_b[\bar{u}_b]}{C_{3D}^2} \quad (13)$$

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

$$C_{3D} = \frac{\sqrt{g}}{k} \ln \left(1 + \frac{\Delta z_b}{2z_b} \right) \quad (14)$$

Siendo Δz_b la distancia más corta entre el punto de la malla computacional y el fondo y \vec{u}_b el flujo cercano al lecho. El modelo puede resolver la hidrodinámica considerando una presión no hidrostática mediante esquema de diferencias finitas utilizando el método RANS (*Reynolds Averaged Navier Stokes*). Para pequeños gradientes de densidad ($\Delta\rho / \rho_0 \ll 1$, donde ρ_0 es la densidad de referencia. Por consiguiente, la ecuación RANS puede ser escrita de la siguiente manera (15):

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \varepsilon_{ijk} 2\Omega_j u_k = \frac{\rho}{\rho_0} g \delta_{i3} \quad (15)$$

Donde δ es el delta Kronecker, ε_{ijk} es el símbolo de permutación, Ω_j es la vorticidad planetaria y τ_{ij} los esfuerzos turbulentos. El término de presión p puede ser separado en un término hidrostático ($\rho g z$) y uno dinámico (q) (16):

$$p = p_{atm} + g \int_z^\zeta \rho dz' + q \quad (16)$$

Tomando como referencia la ecuación (16), las ecuaciones de momento en las coordenadas x , y , y z , se expresan de la siguiente manera (17,18,19):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_z^\zeta \rho g dz' + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial x} = LDS_x \quad (17)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_z^\zeta \rho g dz' + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial y} = LDS_y \quad (18)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial q}{\partial z} = LDS_z \quad (19)$$

Donde el lado derecho de la ecuación (LD), está conformado por el término de aceleración por advección, esfuerzos turbulentos y Coriolis. Las ecuaciones *shallow-water* se obtienen al reducir la ecuación de momento vertical a la asunción de presión hidrostática, la cual implica que $q=0$. Por lo tanto, la ecuación de continuidad queda expresada como (20)

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = 0 \quad (20)$$

Mediante integración la ecuación de continuidad sobre la profundidad, y aplicando la condición de frontera cinemática la ecuación de continuidad (20) queda de la siguiente manera (21)

$$\frac{D\zeta}{Dt} \equiv \frac{\partial \zeta}{\partial t} + u \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v \frac{\partial \zeta}{\partial y} = w \quad (21)$$

Donde la ecuación 37 puede ser finalmente expresada como (22)

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-a}^\zeta u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-a}^\zeta v dz = 0 \quad (22)$$

El módulo Water Quality posee diversas librerías para considerar diversos procesos fisicoquímicos relacionados con los nutrientes, oxígeno, productores primarios, macrófitas, contaminantes, entre otros. Los parámetros requeridos por la guía de modelación colombiana y que puede modelar el modelo se presentan a continuación:

Tabla 14. Características de algunos modelos de calidad de agua disponibles

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Característica	Descripción	Modelo de calidad del agua											
		Streeter & Phelps	QUAL2K *	QUAL2Kw *	QUAL2Kw *	EpdRiv1 ***	WASP***	CEQUALW2	PC-Quasar	Otis **	HSPF	DELFT 3D	HEC-RAS
Tipo de cuerpo de agua	Corriente	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Lago, embalse						x	x			x	x	
	Estuario						x	x			x	x	
Dimensión	0						x	x					
	1D	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
	2DH (x, y)						x				x	x	
	2DV (x, z)						x	x				x	
	3D						x					x	
Estado	Estable	x			x		x	x	x	x		x	x
	Cuasi-dinámico		x	x			x	x			x	x	x
	Dinámico			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hidrodinámica	Entrada				x		x	x			x	x	x
	Simulación				x	x	x	x				x	x
Transporte	Advectivo	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Dispersión		x	x	x	x	x	x		x		x	x
	Intercambio sedimentos		x	x	x		x	x		x	x	x	
Calidad del agua	Oxígeno disuelto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	DBO ₅	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	SST		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Ciclo del nitrógeno		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Ciclo del fósforo		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Coliformes		x	x	x	x	x	x	x		x	x	
	Fitoplancton		x	x	x	x	x	x				x	x
	pH		x	x	x	x	x	x	x	x		x	
	Temperatura		x	x	x	x	x	x	x			x	x
Metales pesados							x		x	x	x		
Cargas contaminantes	Constantes	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
	Variables				x	x	x	x	x	x	x	x	
	Simuladas***						x				x		
Sustancias adicionales		x	x	x	x		x	x	x		x		
Auto-calibración			x	x						x			
Desarrollador o entidad de soporte			1	2	2	1	1	3	4	5	1	6	7

- * Simulan DBO última; los valores de DBO₅ deben convertirse a DBO última
- ** Simula almacenamiento transitorio
- *** Recibe los resultados de cargas contaminantes difusas calculadas por un modelo externo

Fuente: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/guia-nacional-para-la-modelacion-recurso-hidrico-superficial-continental>.

Como se observa en la Tabla 14 es posible observar que del modelo Delft3D cumple con todos los parámetros de calidad de aguas requeridos en los estudios línea base exigidos por las autoridades ambientales colombianas.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Los detalles de los procesos, formulación matemática y demás pueden ser encontrados en los manuales del modelo Delft3D (<https://www.deltares.nl/en/software/module/d-water-quality/>).

9.7. Paneles solares fotovoltaicos

A nivel metodológico para la construcción de una planta de energía eléctrica que funcione con base en energías renovables y suministre el insumo eléctrico requerido para la planta piloto de hidrógeno dentro del marco de una economía azul, se plantea el uso de un sistema de paneles solares fotovoltaicos como sistema energético de respaldo el cual transforma la energía de irradiación solar a través de un proceso de conversión energética que involucra el uso de materiales semiconductores para canalizar el flujo de electrones de dicho material y entregar una potencia eléctrica de salida al momento de conectar los paneles fotovoltaicos con la carga a alimentar (of Energy, 2021) Actualmente, la viabilidad de un sistema fotovoltaico en la costa pacífica es alta y confiable con base en los desarrollos tecnológicos actuales (Kamali, 2016b).

9.8. Transmisión de potencia y generadores eléctricos

En el acoplamiento del conjunto turbina-generador eléctrico (Editor David Irwin et al., 2001) la selección de la velocidad de generación es fundamental para reducir costos de operación y mantenimiento. Usualmente estos sistemas de conversión motriz por fuentes hídricas de baja velocidad requieren sistemas multiplicadores de velocidad para que el proceso de conversión electromagnética que se presenta en los generadores eléctricos se lleve a cabo. Una propuesta es usar sistemas similares a los planetarios, usados en aerogeneradores, incrementando la velocidad de rotación con la cual se acoplará el generador eléctrico.

De igual forma para la implementación de un conjunto turbina generador debe ejecutarse una correcta selección del generador que se define dependiendo de la variabilidad de la velocidad angular principalmente y de la magnitud de la misma. Dependiendo de esta condición los generadores se clasifican en asincrónicos y sincrónicos y con base en el montaje de la electrónica de potencia que se requiera para rectificar la señal a la salida del generador la reducción de los armónicos de tensión a la salida podrán reducirse satisfactoriamente o deberán ser mitigados con componentes electrónicos adicionales que pueden incrementar el costo de la tecnología implementada en el proceso de conversión (Chapman, 2011; Fitzgerald, 1985).

9.1. Impactos ambientales sobre la biodiversidad marina en las zonas de estudio

La evaluación de los impactos ambientales ocasionados por energías marinas implica que se identifique el sitio específico de instalación, el tipo de tecnología y las características de la biodiversidad. El sitio de instalación debe ser ampliamente descrito, considerando corrientes, características de la zona costera, profundidad y fondo marino, entre otras características relevantes, los cuales representan las principales problemáticas ambientales en las etapas de construcción y operación del sistema de generación de energía (Winter et al., 2017). Los sistemas de generación de energía deben describir cada uno de los procesos de ciclo de vida relevantes como: dimensiones del sistema, procesos unitarios de la etapa de construcción de los equipos, anclaje, dragado, operación, mantenimiento (uso de aceites) y distribución de la energía como parte del ciclo de vida del sistema. Para cada etapa es necesario identificar las potenciales interacciones y riesgos que se presenten entre el funcionamiento de los dispositivos y los materiales utilizados, con la biodiversidad y características del sitio. Es

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

importante identificar los grupos taxonómicos, riqueza de especies, requerimientos de supervivencia de los individuos, comportamiento, así como las funciones que desempeñan dentro del ecosistema. Para cada especie es necesario plantearse la pregunta ¿de qué forma el sistema de generación de energía, sus partes, movimientos, ruido, insumos, emisiones o campos electromagnéticos pueden afectarlo?

En el caso de las energías mareomotriz y de electrolisis, se considera que la afectación es sobre la biodiversidad (Gaudreault et al., 2020). Las fuentes de generación de energía renovable frecuentemente son percibidas como ambientalmente positivas. Sin embargo, el conocimiento sobre determinados impactos causados por la instalación de las plantas generadoras es aún limitado. Los dispositivos de generación de energía del océano están en desarrollo y no es posible predecir aun los impactos que tendrían sobre el desplazamiento de la fauna marina (Sandén, 2014).

Entre los principales impactos potenciales de la instalación de los dispositivos de generación de energía del océano, se detectan las posibles perturbaciones de la fauna marina causadas por actividades durante la construcción, la presencia de embarcaciones que operan a diversas velocidades entre la costa y el lugar del proyecto, y la potencial provocación de colisiones que causen lesiones o la muerte de mamíferos marinos (Copping et al., 2020). Se han identificado seis tipos de tensores, clave a considerar al momento de planear una instalación, entendiéndose por tensor todas aquellas actividades del ciclo de construcción y operación de la generación de energía que puedan causar daño o estresar la biodiversidad marina, al hábitat o a los procesos ecosistémicos. Dichos tensores son el riesgo por colisión con las turbinas, efectos del ruido submarino en la fauna, efectos de los campos electromagnéticos, los cambios al hábitat (ya sea a la columna de agua o al fondo marino), el cambio en el flujo de agua en los sitios de instalación de las plantas y el riesgo por enredamiento de los sistemas de anclaje en la fauna (Farmery et al., 2017).

Las energías marinas, como todas las demás fuentes de energía renovables, pueden contribuir a un suministro de energía más sostenible (Bonar et al., 2015). Sin embargo, los sistemas utilizados para la generación de energía tendrán diversos efectos sobre el medio ambiente y sobre diferentes grupos de actores sociales. Es así como se vuelve una necesidad para los gobiernos y la sociedad contar con la información y el entendimiento de las implicaciones, tanto ambientales como sociales, de los sistemas de energía propuestos.

Se han desarrollado metodologías para evaluar los impactos y medir la sustentabilidad de las energías marinas renovables. Entre los impactos estudiados y benéficos se encuentran la generación de empleo, pero también se encuentran algunos negativos como la pérdida de actividades pesqueras locales (Uihlein & Magagna, 2016). Se ha llevado a cabo la implementación de los marcos desarrollados en planes de política pública y planeación del espacio marino, pero con importantes brechas de investigación y la definición de indicadores sociales medibles (Berg et al., 2015).

De acuerdo con Vanclay (Vanclay, 2002), un impacto social se refiere a todos los aspectos asociados con una intervención planeada que afectan o involucran a las personas, ya sea de forma directa o indirecta. Este impacto social puede ser experimentado a nivel individual, corporal o cognitivo; también a nivel familiar, lugar de trabajo, empresa o comunidad y sociedad. Se pueden abordar diversos problemas que van desde el bienestar y la calidad de vida hasta el empleo, los ingresos y el poder económico. Sobre temas más específicos, se encuentran los efectos negativos debido a los impactos visuales y la reducción del acceso al espacio para (*Social Impacts and Interactions between Marine Sectors (MMO 1060) - GOV.UK, n.d.*)n Marine Sectors (MMO 1060) - GOV.UK, n.d.).

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Los impactos sociales son efectos en los individuos, las comunidades y la sociedad. Pueden variar en su deseabilidad, escala, extensión de la duración (temporal y espacial), intensidad y gravedad, así como la medida en que afectan a grupos particulares o se combinan con efectos acumulativos. Es probable que estos problemas sean específicos del contexto (Uihlein & Magagna, 2016). Es así como se vuelve necesario identificar y definir los tipos de impacto social que se pueden presentar con el desarrollo de las tecnologías de la generación de las energías marinas renovables.

El marco conceptual de los servicios ecosistémicos ha sido utilizado por la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina Europea (MSFD, por sus siglas en inglés; Directive 2008/56/EC) (MSDF, 2008) con el fin del mejorar y asegurar la sostenibilidad del estado ambiental y social del ambiente marino. Tiene una base conceptual de la gestión marina basada en el ecosistema y se ha utilizado como una forma de dar cuenta de las interacciones complejas de los componentes sociales y ambientales de un territorio. Este enfoque incluye a los humanos y su uso sostenible del medio ambiente como parte central de todo el ecosistema y se dirige tanto a la estructura, procesos y servicios ecosistémicos (Berg et al., 2015).

Para el caso de las evaluaciones de impacto social, propone el concepto de gestión adaptativa mediante el modelo Presión-Estado-Respuesta (per). Considera las fuerzas motrices (**d**) en términos de actividades humanas. Estos conducen a presiones (**p**) en el sistema natural, que a su vez cambian su estado (**s**), es decir, las propiedades y procesos del ecosistema. Los cambios de estado en el sistema natural finalmente resultan en impactos (**i**) para el sistema humano y para la forma en que se pueden utilizar los recursos naturales y los servicios ecosistémicos (Berg et al., 2015).

9.2. Estándares internacionales para las tecnologías de energía marina.

Como se mencionó previamente, la tecnología mareomotriz está limitada a pocas zonas a nivel mundial, por ello, su acceso al recurso no es amplio y la baja representación tecnológica frente a otras renovables no ha motivado al desarrollo de estándares internacionales. Sin embargo, en los últimos años y como se presentó en las secciones anteriores de este documento, varios proyectos en desarrollo han despertado el interés para una comercialización de la tecnología, lo que motiva a que se definan procedimientos y metodologías estandarizadas para incrementar la viabilidad de los proyectos en curso. Dentro de los estándares o recomendaciones que se han empezado a publicar, a continuación, se presentan varios documentos técnicos. La organización European Marine Energy Centre Ltd (*Standards : EMEC: European Marine Energy Centre*, 2024) y varias empresas de desarrollo tecnológico del Reino Unido han publicado los siguientes documentos¹³:

- Assessment of Performance of Wave Energy Conversion Systems*
- Assessment of Performance of Tidal Energy Conversion Systems*
- Assessment of Wave Energy Resource*

¹³ <https://www.emec.org.uk/standards/>

- Assessment of Tidal Energy Resource*
- Guidelines for Health & Safety in the Marine Energy Industry
- Guidelines for Marine Energy Certification Schemes
- Guidelines for Design Basis of Marine Energy Conversion Systems*
- Guidelines for Reliability, Maintainability and Survivability of Marine Energy Conversion Systems
- Guidelines for Grid Connection of Marine Energy Conversion Systems
- Tank Testing of Wave Energy Conversion Systems*
- Guidelines for Project Development in the Marine Energy Industry
- Guidelines for Manufacturing, Assembly and Testing of Marine Energy Conversion Systems

Estos documentos establecen los lineamientos para el desarrollo de proyectos de energía marina (undimotriz o mareomotriz). El documento describe los procesos y procedimientos recomendados a seguir para implementar un proyecto de energía marina desde su concepción hasta su desmantelamiento. Dentro de los lineamientos abordados tenemos recomendaciones en aspectos técnicos, ambientales, de salud, de seguridad y comerciales que deben ser considerados a través de las fases de factibilidad, diseño conceptual, fabricación, operación, mantenimiento y desmantelamiento. Estas normas son aplicables para proyectos en los mares de Europa y Reino Unido, sin embargo, la mayoría de los procesos y procedimientos recomendados pueden aplicarse en cualquier región del mundo siempre y cuando se tengan presente las políticas y requisitos nacionales del lugar donde se desarrollara el proyecto de energía marina, así como las diferencias oceanográficas y ambientales.

La compañía DNV, es una sociedad de responsabilidad limitada registrada en Noruega y es propiedad exclusiva de Stiftelsen Det Norske Veritas. La empresa ha publicado diversos estándares internacionales, y en el caso específico de la energía mareomotriz publicó el estándar DNV-ST-0164 Tidal turbines¹⁴. El documento provee información sobre los principios generales y requerimientos técnicos para el diseño, fabricación, prueba y puesta en marcha de proyectos de energía mareomotriz.

La International Electrotechnical Commission (IEC) publicó el estándar IEC TS 62600-201¹⁵, el cual provee recomendaciones para la caracterización y evaluación del potencial energético mareomotriz. El propósito de esta especificación técnica es la de proveer una metodología que asegure la consistencia y precisión en la estimación, medición, caracterización y análisis del potencial energético de las mareas, para identificar zonas viables para la implementación de la tecnología mareomotriz. La IEC también publicó el estándar IEC TC 114¹⁶, el cual provee lineamientos en el desarrollo tecnológico de los convertidores de energía y de las tecnologías undimotriz y mareomotriz así:

- Terminología.
- Planes de gestión de tecnología y desarrollo de proyectos.

¹⁴ <https://www.dnv.com/energy/standards-guidelines/dnv-st-0164-tidal-turbines.html#>

¹⁵ <https://webstore.iec.ch/publication/22099>

¹⁶ https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0::::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1316,25

- Mediciones de rendimiento de convertidores de energía marina.
- Evaluaciones de recursos.
- Diseño y seguridad, incluidas la fiabilidad y la capacidad de supervivencia.
- Despliegue, puesta en servicio, operación, mantenimiento, recuperación y desmantelamiento.
- Interfaz eléctrica, incluida la integración de matriz y/o integración de red.
- Laboratorio de pruebas, fabricación y aceptación en fábrica.
- Metodologías y procesos de medición adicionales.

En las siguientes subsecciones se presentan una síntesis de las etapas necesarias para el desarrollo de proyectos de energía marina según los lineamientos *Guidelines for Project Development in the Marine Energy Industry* del EMEC.

9.3. Etapa preliminar o etapa cero: estrategia de desarrollo del proyecto.

Antes de iniciar cualquier proyecto de desarrollo tecnológico, es fundamental establecer los objetivos comerciales del mismo, con el fin de tomar decisiones informadas sobre su progreso. Durante esta etapa, es necesario realizar una planificación anticipada que defina la estrategia de desarrollo del proyecto y garantice el respaldo de la alta dirección para llevar a cabo las investigaciones preliminares.

La etapa inicial para tomar la determinación de continuar con un proyecto potencial consiste en establecer de manera clara los objetivos y los beneficios potenciales que este ofrecería al desarrollador. Es esencial que los objetivos del proyecto estén alineados con los objetivos comerciales y la estrategia del desarrollador, los cuales, a su vez, surgieron del tipo y tamaño del negocio en cuestión.

Análisis de mercado:

- Resaltar principios, impulsores y limitaciones del desarrollo propuesto (financiero, ambiental y legislativo).
- Evaluar relevancia e identificar clave y clientes potenciales.
- Evaluar marco legislativo y político actual, considerando su impacto en el sector de las energías renovables marinas.
- Incluir mecanismos de apoyo económico y su relación con el proyecto.

Parámetros clave de desarrollo y desempeño:

- Describir hitos estimados, costos aceptables y tasa de rendimiento esperado.

Compromiso de generación y factibilidad del proyecto:

- Acordar sitios claves y puntos de decisión para las investigaciones iniciales de factibilidad.
- Preparar y desarrollar una estrategia detallada de desarrollo del proyecto.
- Incluir caso comercial y plan de ejecución a medida que haya información disponible.

Registro de riesgos del proyecto:

- Generarlo a través de un taller grupal.
- Mantenerlo como un documento vivo durante todo el proyecto.

Etapa 1-Evaluación Del Sitio

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La identificación del sitio debe consistir en un ejercicio de selección de escritorio basado en los datos disponibles y debe tener como objetivo identificar uno o más sitios prometedores dentro del área más amplia que se está considerando. Si se selecciona una tecnología de antemano, entonces las posibles limitaciones técnicas, físicas y ambientales que influyen en la identificación del sitio deben evaluarse en relación con las características de rendimiento de la tecnología.

Identificación del sitio:

- Selección basada en datos disponibles para identificar sitios prometedores dentro del área considerada.
- Evaluación de limitaciones técnicas, físicas y ambientales en relación con las características de rendimiento de la tecnología seleccionada.
- Consideraciones legislativas y jurisdiccionales, incluyendo evaluación ambiental estratégica y leyes relevantes.

Consideraciones técnicas y físicas:

- Identificación de áreas con recursos marinos adecuados basándose en cifras indicativas.
- Recopilación de datos meteorológicos y oceánicos para comprender el clima marítimo en el área de interés.
- Profundidades de agua adecuadas y morfología del fondo marino para el funcionamiento eficiente de los convertidores de energía marina.
- Evaluación de características geotécnicas del lecho marino y logística, incluyendo proximidad a puertos y servicios especializados.

Consideraciones ambientales:

- Evaluación de limitaciones ambientales potenciales, como áreas designadas, hábitats sensibles, especies protegidas, arqueología, patrimonio histórico, entre otros.
- Consulta con autoridades de planificación costera y desarrollo de un plan de participación de las partes interesadas.

Consideraciones de salud y seguridad:

- Registro de peligros relevantes relacionados con la salud y seguridad del sitio para una evaluación detallada en etapas posteriores del proyecto

Etapa 2- viabilidad del proyecto.

Con base en el resultado de la evaluación del sitio, el proceso de desarrollo del proyecto debe avanzar a esta etapa siempre que se hayan identificado uno o más sitios potenciales para el desarrollo del proyecto. En ese sentido es clave la realización de las siguientes actividades.

Preparación de especificaciones técnicas y conceptuales:

- Información para calcular el presupuesto, evaluar la viabilidad financiera y desarrollar un programa para el ciclo de vida del proyecto.

Selección de tecnología:

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Identificación de la tecnología de conversión de energía marina que se adapte mejor a los objetivos del proyecto, considerando factores como restricciones físicas y técnicas del sitio, clima marítimo, desempeño ambiental, seguridad, costos, confiabilidad y capacidad de supervivencia.
Evaluación de factibilidad:
- Evaluación de datos disponibles para determinar la viabilidad inicial del proyecto, identificar vacíos de información y definir requisitos para estudios más detallados.
- Consideraciones técnicas y físicas, incluyendo evaluación del recurso marino, conexión eléctrica, estudio de alcance ambiental y contactos con las autoridades.
Diseño conceptual:
- Selección de una opción de diseño para la infraestructura del proyecto y desarrollo de un concepto preferido.
- Evaluación de diferentes opciones de diseño y consideración de funcionalidad, costos, facilidad de instalación y riesgos del proyecto.
Evaluación financiera:
- Identificación de opciones de tecnología y diseño a través de una evaluación financiera inicial.
- Consideración de predicción del rendimiento energético, mercado de electricidad renovable, opciones de financiación, costos de operación y mantenimiento, cálculo de tasa de retorno y evaluación de riesgos financieros.
Consulta:
- Involucramiento de consultados y de las partes interesadas a través de exhibiciones y presentaciones públicas para informar sobre el proyecto y recopilar opiniones e inquietudes.
Aspectos comerciales:
- Consideración de aspectos comerciales a lo largo del proyecto, incluyendo la estrategia de desarrollo, negociaciones con proveedores de electricidad, caso de negocio, modelo financiero, acuerdo de compra de energía, seguro e impuestos.
Etapa 3- diseño y desarrollo del proyecto.

En esta etapa se deben tener en cuenta varias actividades relacionadas con la factibilidad del proyecto, las cuales se describen a continuación.

9.4. Fase de evaluación de factibilidad y consentimiento.

El desarrollador del proyecto solo debe avanzar a esta etapa si la evaluación de factibilidad aún cumple con los objetivos del proyecto y no se han identificado impactos ambientales significativos. Obtener el consentimiento de las autoridades pertinentes para implementar el proyecto es un elemento clave en esta fase. Los estudios ambientales detallados que se realicen como parte del proceso de solicitud de consentimiento deben informar el diseño del proyecto, que se ajustará en función de los hallazgos. A medida que avanza el diseño, la información técnica se retroalimenta en los estudios ambientales para la solicitud de consentimiento.

Evaluación de impacto y permisos ambientales:

La solicitud de consentimiento para la generación de energía marina en alta mar requiere varios permisos según la legislación de cada país. Estos permisos se aplican a los proyectos de energía marina y su relevancia se evaluará individualmente en función del sitio y del proyecto. La metodología de evaluación de impacto ambiental debe ser especificada para cada proyecto y sitio, definiendo el alcance y el contenido de los estudios

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



ambientales, donde la evaluación debe considerar los posibles impactos ambientales a lo largo de las fases de instalación, operación y desmantelamiento del proyecto. Se deben identificar medidas de mitigación y de gestión durante la evaluación de impacto. Además, se debe buscar la participación de consultados y partes interesadas para recopilar sus opiniones e inquietudes sobre el proyecto.

Determinación del consentimiento y condiciones del proyecto:

Una vez presentada la solicitud de consentimiento, las autoridades competentes tomarán una decisión sobre su otorgamiento de acuerdo con los requisitos legislativos nacionales. Si se otorga el consentimiento, las autoridades especificarán las condiciones y los requisitos de monitoreo necesarios para gestionar los impactos del proyecto. Estas condiciones variarán según el proyecto y el sitio, y pueden incluir aspectos relacionados con la seguridad, el diseño final, la instalación, la operación, el mantenimiento y el desmantelamiento. La estrategia de adquisición también debe tener en cuenta los objetivos y riesgos del proyecto, y se debe diseñar de acuerdo con las mejores prácticas para seleccionar proveedores que ofrezcan valor por dinero y calidad del servicio a lo largo de la vida del proyecto.

Consideraciones adicionales:

Durante la preparación de los estudios ambientales, es importante realizar consultas amplias con los consultados y partes interesadas, especialmente aquellos que se verán afectados por el proyecto, como las pesquerías comerciales, donde sus puntos de vista y aportes deben ser incorporados en la evaluación de impacto ambiental.

1. Etapa 4- proyecto de fabricación e instalación.

El proceso de desarrollo de un proyecto debe seguir una serie de etapas para asegurar su viabilidad y cumplimiento de objetivos. Una vez se ha obtenido el consentimiento de la autoridad otorgante y se ha verificado que el desempeño técnico previsto del proyecto sigue siendo factible, se puede continuar con la etapa de diseño detallado. En esta fase, se llevarán a cabo estudios técnicos para perfeccionar el diseño del proyecto, incluyendo diseño detallado de equipos y cables eléctricos, submarinos y terrestres, diseño detallado de control de supervisión y adquisición de datos a través de sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA, del inglés), diseño detallado de instalaciones en tierra y equipos auxiliares, entre otros aspectos.

Es importante implementar una estrategia de compra para los elementos del proyecto que se subcontratarán hasta que se adjudiquen los contratos de fabricación e instalación apropiados y se fije un precio por el trabajo. Sin embargo, los procesos precontractuales pueden complementarse hasta la etapa de firmar el contrato. El diseño debe desarrollarse de acuerdo con los estándares costa afuera desarrollados por las sociedades de clasificación reconocidas con los estándares de energía renovable marina específicos disponibles, y se debe preparar un plan de calidad para especificar los estándares requeridos para los materiales y componentes, los procedimientos de ensamblaje, inspección, prueba y puesta en marcha, incluyendo los criterios de aceptación, las responsabilidades y los métodos para registrar los resultados y definir los procedimientos de garantía y control de calidad vigente.

La estrategia de contratación y proceso de licitación deben seleccionarse de acuerdo con los objetivos y prioridades del proyecto, y el documento de licitación debe definir el alcance del trabajo, las condiciones de contrato, las condiciones de pago y la estimación de riesgos. El documento de licitación debe incluir requisitos del

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

proyecto, seleccionar técnicas, incluir cantidades, dibujos, información relevante, disposición sobre salud, seguridad, desempeño ambiental, descripción estándares de los materiales y componentes, entre otros aspectos.

9.5. Proyecto de fabricación e instalación

Una vez que se adjudican los contratos para los diferentes elementos del proyecto, el desarrollador del proyecto debe asegurarse de que la infraestructura se fabrique de acuerdo con los estándares, plazos y costos acordados en los contratos. Por ello, las siguientes actividades son fundamentales en esta etapa.

Cumplimiento de normas y requisitos:

- Materiales, componentes, procedimientos de montaje, inspección, prueba y puesta en servicio deben cumplir con el plan de calidad y de los estándares de la industria.
- Requisitos de diseño para reducir los riesgos de salud, seguridad e impactos ambientales.

Contrato de instalación:

- Si se adjudica a un solo contratista, éste es responsable de ejecutar el trabajo de acuerdo con metodología, estándares, plazos y costos acordados.
- Designación de un representante para supervisar las actividades del contratista.

Alcance del seguro y licencia:

- Aclaración del alcance del seguro durante la fase de instalación.
- Preparación de condiciones de la licencia y mitigación de peligros.

Gestión ambiental, de la salud y la seguridad:

- Implementación de disposiciones ambientales y monitoreo durante la instalación.
- Designación de contratista principal si hay varios contratistas.
- Declaraciones de métodos y disposiciones ambientales, de salud y seguridad.

Navegación segura:

- Marcado de elementos que pueden ser un peligro para la navegación antes del uso.

Pruebas y aceptación del equipo instalado:

- Realización de pruebas adecuadas antes de la aceptación o posesión del equipo por parte de la entidad explotadora.

Información previa a la construcción y consulta:

- Preparación y entrega de información relevante sobre salud, seguridad y medio ambiente a los postores/contratistas.
- Consulta y enlace durante la construcción para minimizar interrupciones y considerar a las partes interesadas.
- Nombramiento de funcionarios de enlace para facilitar el flujo de información y mantener comunicación con la comunidad local y partes interesadas.

Etapa 5- operación y mantenimiento.

Después de la instalación y puesta en servicio de la infraestructura del proyecto, el proceso de desarrollo de este debe garantizar una operación rentable y segura durante toda la vida del proyecto hasta su desmantelamiento. Se debe programar un mantenimiento adecuado para permitir un rendimiento eficiente y minimizar los impactos ambientales. Los riesgos de salud y seguridad también deben planificarse e implementarse.

1. Operación rentable y segura: El proceso de desarrollo del proyecto debe garantizar una operación rentable y segura durante toda su vida útil, hasta el desmantelamiento. Se debe programar un

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- mantenimiento adecuado para asegurar un rendimiento eficiente y minimizar los impactos ambientales. Además, se deben planificar e implementar medidas de salud y seguridad.
2. Soporte técnico inicial: En las primeras etapas de operación, es necesario contar con el soporte técnico del contratista de instalación, proveedor de equipos y desarrollador de tecnología para confirmar la integridad y resolver cualquier posible anomalía operativa inicial.
 3. Monitoreo de la operación: Se deben establecer parámetros de desempeño aceptables para monitorear la operación del proyecto a lo largo de su vida útil.
 4. Plan de operación y gestión: Se debe preparar y revisar un plan de operación y gestión durante la vida del proyecto. Este plan debe incluir aspectos como la estructura de gestión, procedimientos de emergencia, selección de servicios de soporte subcontratados y sus condiciones contractuales, logística, revisión y auditoría del desempeño técnico, medidas correctivas, desconexión de la red durante el mantenimiento, planificación e implementación de mantenimiento preventivo, gestión de mantenimiento no planificado, disponibilidad de repuestos, protocolos de comunicación, estimaciones de ingresos generados y provisión de seguro durante la fase de operación.
 5. Consideraciones de salud y seguridad: Para las actividades de operación y mantenimiento, se debe preparar e implementar un plan de gestión de salud y seguridad que identifique peligros y mitigue riesgos. Esto debe incluir políticas de salud y seguridad, estructura organizativa, pruebas de competencia y formación, procedimientos de emergencia y procedimientos de investigación y notificación de incidentes.
 6. Consulta y enlace: Es necesario mantener una consulta y enlace continuo durante la vida operativa del proyecto. Esto garantiza la interrupción mínima a otros usuarios del área marítima, al entorno ya la comunidad local. También se deben establecer protocolos y canales de comunicación adecuados para informar a las partes interesadas sobre programas de mantenimiento planificados, mantenimiento no planificado y eventos de emergencia. Los procedimientos de respuesta a emergencias deben ser acordados previamente con los servicios de emergencia y salvamento.
 7. Difusión de información ambiental: Los resultados actualizados del monitoreo ambiental deben ser compartidos con la autoridad otorgante del consentimiento, las partes interesadas y otras partes involucradas.

Etapa 6 – Desmantelamiento

Una vez que el proyecto llegue al final de su vida operativa, se dismantelará y la infraestructura asociada se retirará de acuerdo con los requisitos obligatorios y legislativos de cada país.

1. Plan de dismantelamiento: Se debe tener un plan de dismantelamiento preparado como parte de las condiciones de consentimiento durante la vida del proyecto. Este plan debe incluir disposiciones para retirar de manera efectiva y segura la infraestructura del proyecto, realizar trabajos de restauración asociados y eliminar el equipo retirado.
2. Fondo de dismantelamiento: Debe reservarse un fondo de dismantelamiento o alguna otra disposición durante la vida del proyecto para cubrir los costos de dismantelamiento y otros costos de restauración asociados, incluso en caso de insolvencia.
3. Impactos ambientales: Es necesario identificar y mitigar adecuadamente los posibles impactos ambientales de las actividades de dismantelamiento. Se realizarán estudios del sitio antes y después de la clausura para demostrar que la eliminación se realiza de manera responsable.
4. Estrategia de adquisiciones: Debe diseñarse una estrategia de adquisiciones y un formulario de contrato adecuado para subcontratar los trabajos de dismantelamiento. Se debe prestar especial atención a la

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



- incertidumbre y los riesgos asociados con las difíciles condiciones de trabajo en proyectos costa fuera y las posibles restricciones logísticas causadas por la volatilidad del mercado.
5. Consideraciones de salud y seguridad: Se aplicarán los mismos requisitos de salud y seguridad durante el trabajo de instalación del proyecto.
 6. Consulta: Es necesario realizar consultas con la autoridad otorgante del consentimiento, las partes involucradas y otras partes interesadas para discutir y acordar la metodología de las actividades de desmantelamiento. El objetivo es garantizar una mitigación adecuada de cualquier potencial impacto ambiental.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 85 de 221





10. ANÁLISIS DE PARTICIPANTES

La alianza se consolidó como una respuesta multidimensional al reto de la transición energética en las Zonas No Interconectadas (ZNI) del Pacífico colombiano.

La alianza se ha estructurado para responder con precisión a la complejidad técnica y social del proyecto, distribuyendo las responsabilidades según la experticia de cada actor en relación con los objetivos planteados:

- Eje de Conocimiento y Desarrollo Tecnológico (Objetivos 1 y 2):
Este bloque está liderado por una coalición académica y técnica de alto nivel conformada por la Universidad del Valle, la Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín), la Universidad de América y Colturbinas Limitada. Estas entidades participan activamente en la generación de conocimiento científico, la modelación hidrodinámica/CFD y el desarrollo tecnológico de los componentes de las plantas HVM. Su articulación garantiza que la ingeniería de detalle y el despliegue de las plantas piloto cuenten con el respaldo de investigadores senior y la capacidad industrial necesaria para el prototipado y escalamiento tecnológico.
- Eje de Sostenibilidad y Territorio (Objetivo 3):
La dimensión de impacto social, sostenibilidad financiera y apropiación del conocimiento es liderada por la Universidad del Valle, la Gobernación de Nariño, el IPSE, CONSERVAMOS SAS y las Comunidades Energéticas (Consejos Comunitarios). Este grupo se enfoca en la validación territorial de los desarrollos, la construcción del modelo de gobernanza y la transferencia efectiva hacia los beneficiarios. La participación del IPSE y la Gobernación asegura la alineación con la política pública de transición energética, mientras que Conservamos y las comunidades garantizan que la tecnología sea socialmente aceptada y operativamente sostenible.

En la Tabla 15 se presenta la información relacionada de los actores identificados, en donde se realiza una distinción entre la entidad a la cual pertenece, su posición (rol), y se especifica su contribución o gestión.

Tabla 15. Análisis de participantes.



Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01





Datos Entidad	Posición	Contribución o Gestión
Actor: Departamental Entidad: Nariño Intereses o Expectativas: Aportar desde la Ciencia, Tecnología e Innovación a la solución de las problemáticas establecidas en las demandas territoriales	Cooperante	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar el proyecto y gestionar la destinación de recursos de la Asignación para la Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías (SGR), conforme a las demandas territoriales definidas para el departamento
Actor: Departamental Entidad: Valle del Cauca Intereses o Expectativas: Aportar desde la Ciencia, Tecnología e Innovación a la solución de las problemáticas establecidas en las demandas territoriales	Cooperante	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar el proyecto y gestionar la destinación de recursos de la Asignación para la Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías (SGR), conforme a las demandas territoriales definidas para el departamento
Actor: Otro Entidad: Universidad del Valle Intereses o Expectativas: Aportar desde la Ciencia, Tecnología e Innovación a la solución de las problemáticas de la región.	Cooperante	<ul style="list-style-type: none"> - Formular y ejecutar el proyecto. - Aportar la capacidad del talento humano de los semilleros de investigación para el desarrollo de la investigación científica y el desarrollo de tecnologías.
Actor: Otro Entidad: Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas - IPSE Intereses o Expectativas: Promover la transformación del territorio nacional hacia un futuro energético sostenible y equitativo, a través del diseño, estructuración e implementación de soluciones energéticas innovadoras que permitan el desarrollo integral de las comunidades y contribuyan a la transición energética justa.	Cooperante	<ul style="list-style-type: none"> - Asesorar en el diseño de la planta piloto HVM a través de recomendaciones técnicas y administrativas. - Poner a disposición la experiencia y capacidad técnica en la identificación de zonas con potencial de generación eléctrica y de producción de hidrógeno verde.
Actor: Departamental Entidad: Gobernación de Nariño	Cooperante	<ul style="list-style-type: none"> - Articularse a otros niveles de gobierno para garantizar el mantenimiento y seguridad de la potencial infraestructura resultante del





Intereses o Expectativas: Administrar los recursos sosteniblemente del departamento e identificar oportunidades de desarrollo social, ambiental y económico		desarrollo tecnológico una vez se llegue un nivel de TLR9 (despliegue). - Apoyar en la identificación de zonas para la instalación de la planta piloto.
Actor: Otro Entidad: Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín Intereses o Expectativas: Aportar desde la Ciencia, Tecnología e Innovación a la solución de las problemáticas de la región.	Cooperante	- Formular y ejecutar el proyecto. - Aportar la capacidad del talento humano de los semilleros de investigación para el desarrollo de la investigación científica y el desarrollo de tecnologías.
Actor: Otro Entidad: Fundación Universidad de América Intereses o Expectativas: Aportar desde la Ciencia, Tecnología e Innovación a la solución de las problemáticas de la región.	Cooperante	- Articularse a otros niveles de gobierno para garantizar el mantenimiento y seguridad de la potencial infraestructura resultante del desarrollo tecnológico una vez se llegue un nivel de TLR9 despliegue. - Apoyar en la identificación de zonas para la instalación de la planta piloto.
Actor: Otro Entidad: Colturbinas Limitada. Intereses o Expectativas: Promover desde la Ciencia, Tecnología e Innovación a la solución de las problemáticas de la región.	Cooperante	- Asesorar en el diseño de la planta piloto HVM a través de recomendaciones técnicas y administrativas
Actor: Otro Entidad: CONSERVAMOS SAS Intereses o Expectativas: Aportar desde la Ciencia, Tecnología e Innovación a la solución de las problemáticas de la región.	Cooperante	- Promover las actividades de ASC en las regiones y comunidades objetivo del proyecto. - Apoyar en la identificación de zonas para la instalación de la planta piloto.
Actor: Otro Entidad: Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (Departamento de Nariño). Intereses o Expectativas: promover la transición energética en la comunidad	Cooperante	- Aportar experiencia en sobre las dinámicas sociales, económicas y ambientales del territorio para una efectiva apropiación social del conocimiento.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01





<p>Actor: Otro Entidad: Consejo Consejo comunitario del Rio Naya (Departamento del Valle del Cauca) Intereses o Expectativas: promover la transición energética en la comunidad</p>	<p>Cooperante</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Veeduría ciudadana - Hacer uso de los servicios y desarrollos tecnológicos que una posterior etapa del proyecto: TLR9 despliegue.
<p>Actor: Otro Entidad: Sociedad Civil. Intereses o Expectativas: promover la transición energética en sus comunidades</p>	<p>Beneficiario</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer uso de los servicios y desarrollos tecnológicos que una posterior etapa del proyecto: TLR9 despliegue.





Componente técnico del proyecto

A continuación, se presenta el personal de líderes e investigadores principales del proyecto (Tabla 16).

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 90 de 221



Tabla 16. Relación de líderes e investigadores principales del proyecto.

Nombres	Formación	Entidad	Cargo	Función	Objetivo participa	donde	Trayectoria
Juan Rueda Gabriel	Ingeniero Civil Tecnólogo en oceanografía física Magister en Ing.-de recursos hidráulicos.	Universidad Valle	del Líder del proyecto	Dirección técnica de los objetivos del proyecto.	Todos		<p>Profesor Titular (Universidad del Valle)</p> <p>Investigador Senior (Minciencias).</p> <p>CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000589020</p> <p>ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3806-2058</p> <p>Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?user=xCYVda4AAA&hl=es</p>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01



	Doctor en Ingeniería Civil					Research Gate https://www.researchgate.net/profile/Juan-Rueda-Bayona
Andrés Osorio	Ingeniero Civil Magister y Doctor en Ciencias y Tecnologías Marinas	Universidad Nacional Colombia	de	Lider oceanografía física e ingeniería costera	Dirección técnica del componente de oceanografía. 1	Profesor Titular (Universidad Nacional – Sede Medellín) Investigador Senior (Minciencias). Google Scholar http://scholar.google.com/citations?user=uqyZzFcA AAAJ Research gate https://www.researchgate.net/profile

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01



						le/Andres_Osorio3 ORCID: orcid.org/0000-0003-4891-9115
Enrique Peña	Biólogo (Énfasis Biología Marina) Especialista en Criptógamas Doctor en Ciencias del Mar	Universidad Valle	del	Lider Marina	Biología	1 Doctor en Ciencias del Mar quien liderará el análisis de riesgo ambiental y efecto sobre la fauna marina y costera de las tecnologías marinas que se desarrollarán. Profesor Titular (Universidad del Valle) Investigador Senior (Minciencias). CVLAC https://bpm.correounivalle.edu.co/integrantes-del-grupo/profesores#h.p_ID_40 Research gate https://www.researchgate.net/profile/Andres_Osorio3

						le/Enrique-Pena-Salamanca Google Scholar https://scholar.google.es/citations?user=XxfOyOMA-AAJ&hl=es
Guillermo Jaramillo	Ingeniero Mecánico. Especialista en teoría y aplicación del método de los elementos finitos. Magister en Ing. Eléctrica. Doctor en ingeniería Aeronáutica y astronáutica	Universidad del Valle	Líder turbo maquinaria	Responsable de desarrollo de turbomaquinaria	2	Profesor Asociado (Universidad del Valle) Investigador asociado (Minciencias). CVLAC https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=000270032# ORCID

						https://orcid.org/000-0003-0727-9289
Adriana Niño	Ingeniera Química, Especialista en Ingeniería Ambiental, Magister en Ingeniería Química, Doctora en Ingeniería Química	Universidad del Valle	Líder tratamiento de aguas	Responsable del sistema HVM-WATER	2	Profesora Asociada (Universidad del Valle) Investigadora asociada (Minciencias). CVLAC ORCID
Fiderman Machuca Martinezz	Ing. Químico. Doctor en Ingeniería Química	Universidad del Valle	Lider producción de Hidrógeno	Coordinador del componente de producción de hidrógeno a nivel piloto	2	Profesor Titular (Universidad del Valle) Investigador Senior (Minciencias). CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?

						cod_rh=000084638 ORCID: https://orcid.org/000-0002-4553-3957
Diana Cuesta	Ing. Ambienta.I Ms. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Doctoranda en Ingeniería	Universidad América de	Líder aprovechamiento de salmuera	Diseño y construcción de prototipo para aprovechamiento de salmueras y subproductos	2	Profesor Titular (Universidad de América Valle) Investigador Senior (Minciencias). https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=001408837
Yazmín Rojas	Socióloga, Magister en Estudios y gestión	Conservamos sas	Lider apropiación social del conocimiento	Responsable objetivo 3	3	https://scholar.google.es/citations?

	del desarrollo PhD en estudios del desarrollo y territorio (en curso)					hl=es&user=CmXtQIMAAAJ
Pablo Manyoma	Ingeniero Industrial.					Profesor Titular (Universidad del Valle)
	Magíster Ingeniería Industrial	en -	Universidad Valle	del	Líder en Análisis Multicriterio	Investigador Senior (Minciencias).
	Doctor Ingeniería Sanitaria y Ambiental	en - y			Coordinar relación del componente de Evaluación Económica con demás elementos	CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=000089087
						Google Scholar: https://scholar.google.com/citation

						s?user=xoGVM7sAAAAJ&hl=es ORCID https://orcid.org/000-0003-1479-5986
--	--	--	--	--	--	--

10.1. Participantes clasificados con enfoque diferencial.

Categoría de Enfoque Diferencial	Descripción del Perfil (Resumen)	Cantidad de Integrantes
Mujeres	Mujeres vinculadas al equipo del proyecto.	01 profesora de la Universidad de América. 01 profesora de la Universidad del Valle 01 investigador de la empresa Conservamos.
Identidades diversas	Personas con identidades y orientaciones sexuales diversas: población LGBTQ+.	01 profesor de la Universidad del Valle
Población víctima del conflicto o vulnerabilidad	Víctimas de hechos ocurridos a partir del \$1^{circ}\$ de enero de 1985 o en extrema vulnerabilidad.	02 representantes de las comunidades
Pueblos y comunidades étnicas	Población Indígena, Negra, Afrocolombiana, Afrodescendiente, Raizal, Rrom o Palenquero.	02 profesores Universidad del Valle 02 representantes de las comunidades
Territorial	Nacidos en municipios PDET, ZOMAC o departamentos con IDIC "Medio Bajo" o "Bajo".	02 representantes de las comunidades
Población con discapacidad	Personas con discapacidad física, auditiva, visual, sordoceguera, intelectual, psicosocial o múltiple.	01 profesor de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín
TOTAL INTEGRANTES	13	

11. POBLACIÓN

11.1. Población afectada:

Las zonas de estudio están bajo la jurisdicción del Gobierno departamental, y bajo el dominio de las comunidades representadas por el Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (Departamento de Nariño) y el Consejo comunitario del Rio Naya (Departamento del Valle del Cauca). Si bien las actividades se realizarán en cada departamento, la población afectada es el Congal en Nariño y Chamuscado en Valle del Cauca. Estas dos poblaciones se encuentran dentro del censo poblacional de San Andrés de Tumaco y Buenaventura como rural disperso.

Población Afectada: 600,992 personas correspondiente a los centros poblados y rurales disperso de las localidades de Litoral del San Juan, San Andrés de Tumaco y Buenaventura¹⁷.

A continuación, se presentan las Características demográficas de la población objetivo: la información relacionada con las características demográficas es presentadas en la Tabla 17 Tabla 17.

Tabla 17. Características demográficas de la población objetivo.

Rango de Edad	Femenino	Masculino	Total por Rango
0 - 17 años	116,282	109,102	225,384
18 - 29 años	67,628	63,566	131,194
30 - 44 años	58,902	55,377	114,279
45 - 64 años	47,464	44,545	92,009
65 o más años	19,647	18,479	38,126
Total General	309,923	291,069	600,992

Fuente: Base de datos, proyección población municipal 2018 – 2026; Censo Nacional de población y vivienda 2018. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

¹⁷ Fuente: Base de datos, proyección población municipal 2018 – 2026; Censo Nacional de población y vivienda 2018. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Enfoque diferencial: la propuesta apunta a la solución de problemáticas de todos los grupos y minorías sociales incluyendo a los enfoques de género, étnico y cultural y/o situación de discapacidad.

11.2. Población objetivo:

Es la población sobre la cual directamente hará intervención el proyecto y se focalizará los esfuerzos y recursos disponibles. La población objetivo a las comunidades aliadas en el proyecto. La población se eligió en función de las demandas territoriales y del potencial energético mareomotriz descrito en el estado del arte para el Pacífico colombiano.

Tabla 21. Población objetivo y caracterización por genero

Población Objetivo					
Departamento	Código DANE	Municipio	Población Total	Hombres	Mujeres
Valle del Cauca	76109	Buenaventura	309,358	152,967	168,349
Nariño	52835	San Andrés de Tumaco	265,599	130,482	135,117
TOTAL			586'915	283.449	303.466

Fuente: Base de datos, proyección población municipal 2018 – 2026; Censo Nacional de población y vivienda 2018. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

11.3. Características demográficas de la población objetivo:

Características demográficas de la población objetivo: la información relacionada con las características demográficas es presentada en la siguiente tabla.

Tabla 18. Características demográficas de la población objetivo

Municipio-departamento-Código DANE	Área	Sexo/Género	0-14 años	15-19 años	20-59 años	Mayores de 60	Total

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Buenaventura – Valle del Cauca - 76109	Total Municipal	Femenino	55,088	17,220	83,440	17,395	173,143
		Masculino	49,488	15,470	74,958	15,628	155,543
	Cabecera (Urbana)	Femenino	41,867	13,087	63,414	13,220	131,589
		Masculino	37,610	11,757	56,968	11,877	118,212
	Resto (Rural)	Femenino	13,221	4,133	20,026	4,175	41,554
		Masculino	11,878	3,713	17,990	3,751	37,331
San Andrés de Tumaco – Nariño - 52835	Total Municipal	Femenino	41,814	13,431	67,417	14,118	136,780
		Masculino	41,431	13,308	66,799	13,988	135,526
	Cabecera (Urbana)	Femenino	14,217	4,567	22,921	4,799	46,504
		Masculino	14,087	4,525	22,711	4,756	46,079
	Resto (Rural)	Femenino	27,598	8,865	44,495	9,318	90,275
		Masculino	27,344	8,784	44,088	9,232	89,448

Fuente: Base de datos, proyección población municipal 2018 – 2026; Censo Nacional de población y vivienda 2018. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Tabla 19. Características étnico-raciales de la población objetivo

MUNICIPIO	AÑO	ÁREA GEOGRÁFICA	Total	Indígena	Gitano(a) o Rrom	Raizal del Archipiélago*	Palenquero(a) de San Basilio	Negro(a), mulato(a), afrocolombiano(a)	Ningún grupo étnico-racial
Buenaventura	2025	Cabecera Municipal	257,342	3,268	0	51	26	183,948	70,049
Buenaventura	2025	Centros Poblados y Rural Disperso	74,712	949	0	15	8	53,404	20,336
Buenaventura	2025	Total Municipal	332,054	4,217	0	66	34	237,352	90,385
San Andrés de Tumaco	2025	Cabecera Municipal	168,87	8,781	0	170	0	144,553	15,366
San Andrés de Tumaco	2025	Centros Poblados y Rural Disperso	105,895	5,507	0	106	0	90,646	9,636
San Andrés de Tumaco	2025	Total Municipal	274,765	14,288	0	276	0	235,199	25,002

Tabla 20. actores diferenciales para el cambio que participaran en el desarrollo del proyecto.

GRUPO POBLACIONAL (ACTORES DIFERENCIALES)	ACTIVIDAD EN LA CADENA DE VALOR	VALOR DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LOS ACTORES DIFERENCIALES PARA EL CAMBIO
Comunidades aliadas.	Diseño e implementación de un mecanismo de apropiación del conocimiento que habilite el acceso a energías renovables para el sector productivo rural de las comunidades aliadas	\$226.000.000	Participación en los núcleos de formación continuada para las comunidades en los siguientes temas: contexto internacional de la transición, oportunidades en el contexto nacional como las comunidades energéticas, conceptos básicos y tipos de FNCER, apropiación social de conocimiento en nuevas tecnologías de generación eléctrica y sistemas de autogeneración, gobernanza energética y mecanismos de toma de decisiones, análisis de barreras de acceso, dimensionamiento y tipos sistemas, monitoreo, riesgos y mantenimientos, finanzas y administración de sistemas energéticos.
Comunidades aliadas	Capacitación en sistemas energético,	\$146.000.000	De acuerdo con el diseño del sistema productivo que

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01



	instalación y monitoreo de soluciones energéticas asociado a la optimización de los sistemas productivos y su mantenimiento con el respectivo monitoreo de la solución energética.		soportará la sostenibilidad de la solución energética, se capacitan en instalación y articulación de las acciones para monitoreo y mantenimiento con las organizaciones productivas.
--	--	--	--





12. OBJETIVOS

12.1. Objetivo General:

Establecer la línea base de desarrollo tecnológico en la generación eléctrica Mareomotriz la y la producción de Hidrógeno verde de bajas emisiones para comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca, Nariño.

Indicadores que medirían el cumplimiento del objetivo general:

- Nombre: Planta piloto instalada para la generación de Hidrógeno verde empleando energía mareomotriz. Medido a través de: Número. Meta: 2

12.2. Objetivos específicos.

Objetivo específico 1 (OE1): Generar conocimiento en la identificación de zonas de aprovechamiento de energía mareomotriz, captación de agua y generación eléctrica que permita la producción de Hidrógeno Verde en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

Objetivo específico 2 (OE2): Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente y de producción de hidrógeno verde considerando la innovación y su transferencia que contribuyan al cierre de brechas de acceso a las FNCER en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

Objetivo específico 3 (OE3): Construir una estrategia de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

12.3. Árbol de objetivos

En la Tabla 21 se presenta el árbol de objetivos.

Tabla 21. Análisis de objetivos.

Fines indirectos	1.1 Aumento de la calidad ambiental por el uso de fuentes de energía alternativas	Fortalecimiento de la capacidad de generación eléctrica de los	Aumento en el cumplimiento de metas nacionales de
------------------	---	--	---

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

		sistemas tradicionales ante eventos climáticos extremos	reducción de GEI y descarbonización.
Fines directos	Poblaciones con mejor acceso a suministro eléctrico a partir de HVM	Matriz de generación energética del país diversificada.	Enfoque ampliado en la política de transición energética del país.
Objetivo central	Aumentar la disponibilidad de soluciones tecnológicas de energía mareomotriz e hidrógeno verde adaptadas al contexto territorial del departamento del Valle del Cauca, Nariño.		
Objetivos específicos	Generar conocimiento en la identificación de zonas de aprovechamiento de energía mareomotriz, captación de agua y generación eléctrica que permita la producción de Hidrógeno Verde en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.	Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente y de producción de hidrógeno verde considerando la innovación y su transferencia que contribuyan al cierre de brechas de acceso a las FNCER en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.	Construir una estrategia de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.
Medios	Nuevo conocimiento en investigación técnica científica en la implementación de nuevas tecnologías para la transición hacia energías limpias contribuye al desarrollo sostenible	Prototipos y pilotos viables técnicamente transferible a las comunidades adaptado a las condiciones locales	Transferencia de conocimiento con modelos financieros sostenibles desde la ASC que faciliten transición energética en las comunidades.

13. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

En la Tabla 22 se presenta la descripción relacionada con este componente en el marco de las opciones que se identifican en el proyecto de investigación.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Tabla 22. Análisis y selección de alternativa.

Nombre	Descripción de la evaluación	Justificación
<p>Alternativa No. 1: Desarrollo de la industria del Hidrógeno verde integrada con fuentes de energía mareomotriz para el Pacífico colombiano en los departamentos del Valle del Cauca, Nariño.</p>	<p>Rentabilidad: Sí Costo-Eficiencia: Sí Costo Mínimo: No</p>	<p>Se requiere la generación de nuevo conocimiento que permita el desarrollo de nueva tecnología de aprovechamiento de fuentes renovables de energías y producción de Hidrógeno verde acorde a las particularidades de la zona y a la abundancia del recurso. Esto como un primer paso para dar solución, mediante la ciencia, tecnología e innovación, transferencia y ASC, al problema de falta de acceso al servicio de electricidad y combustibles limpios de manera permanente y con calidad, permitiendo la independencia tecnológica y la sostenibilidad energética en la región.</p>
<p>Alternativa No. 2: Importar tecnología TRL9 para generación eléctrica mareomotriz y producción de Hidrógeno verde.</p>	<p>Rentabilidad: No Costo-Eficiencia: No Costo Mínimo: No</p>	<p>La importación de tecnologías de generación eléctrica mareomotriz y producción de Hidrógeno verde desarrolladas en el extranjero en estado de comercialización TRL9, significarían un costo muy elevado que no garantiza la total adaptación y funcionamiento óptimo en la zona de influencia del proyecto, debido a que dichas tecnologías han sido desarrolladas, probadas e implementadas en ambientes tanto físicos, geográficos, climáticos y sociales diferentes, que al implementarse en una zona difícil como la del sur del pacífico colombiano pueden generar fallas de adaptación y por ende de óptimo funcionamiento, generando resultados no tan favorables como se espera.</p>

13.1. Análisis técnico de la alternativa seleccionada

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La alternativa No. 1 permite al país construir la línea base de desarrollo tecnológico en la producción de Hidrógeno verde de bajas emisiones para 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño, soportada por fuentes de energía mareomotriz. Dichos estudios contarán con registros in situ, procesamiento y análisis de datos, validación de los mismos y generación de modelos hidrodinámicos que permita la simulación de diferentes escenarios océano-atmosféricos que sirvan como insumo para establecer el potencial energético, las zonas estratégicas para la implementación de la tecnología a desarrollar y las características técnicas que deba cumplir dicha tecnología, con el fin de lograr generar electricidad para poblaciones en ZNI de la región. Además, la realización de los estudios técnico-científicos para el desarrollo tecnológico TRL-6 de generación eléctrica mareomotriz y producción de Hidrógeno verde frente a otras alternativas como la importación de la tecnología, nos genera las siguientes ventajas

- Generación de conocimiento científico en ramas poco exploradas sobre energías renovables en el país.
- Impulso de la generación de empleo en los campos ciencia tecnología e innovación de mano de obra altamente especializada.
- Ampliación del capital humano con enfoque en generación de energías y combustibles renovables mediante la formación de participantes claves en el proyecto, significando la conformación de nuevos científicos que a mediano plazo permita al país no depender siempre de la contratación de expertos extranjeros para el desarrollo de la ciencia respecto a energías renovables, especialmente las enfocadas en origen marino, teniendo en cuenta la ventaja del país al contar con dos océanos.
- Desarrollo de plantas piloto HVM acordes a las particularidades climáticas, geográficas, sociales y económicas del país que no impliquen gastos en estudios nuevos para la adaptación de tecnología extranjera al entorno nacional.
- Fortalecimiento de la industrial regional y las capacidades I+d+i.

En este sentido, la alternativa seleccionada presenta como ventaja tener costos más bajos e independencia tecnológica ya que la importación de la tecnología (alternativa No. 2) para la generación de energía eléctrica mareomotriz y producción de Hidrógeno verde es más costosa y la región quedaría expuesta a problemas de acceso a la energía cuando los proveedores internacionales decidan no ofrecer sus servicios por aspectos políticos o de mercado.

14. METODOLOGÍA PARA DESARROLLAR LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.

A continuación, se presenta la metodología para el desarrollo de los objetivos del proyecto, teniendo como referencia el alcance y requerimientos de los Términos de Referencia de esta convocatoria.

14.1. Objetivo específico 1: OE1 Generar conocimiento en la identificación de zonas de aprovechamiento de energía mareomotriz, generación eléctrica y captación de agua que permita la producción de Hidrógeno Verde en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Línea Temática. Nuevas tecnologías emergentes.

Sub-línea temática: Desarrollo y aplicaciones de Tecnologías para la generación de Hidrógeno verde y azul, optimizando la producción, almacenamiento y regulación para transporte e industria.

Descripción del Objetivo: En este objetivo se desarrollarán diversas actividades de muestreo y medición de parámetros oceanográficos, hidrológicos, de calidad de agua, como de levantamiento de información social, ambiental y económica de las zonas de estudio (Figura 26). Esta información permitirá la identificación de zonas potenciales para producir electricidad a partir de energía hidrocinética y mareomotriz, y para captar agua salobre o salina que permita la desalinización y producción de Hidrógeno verde. La información obtenida se procesará, analizará y evaluará con diversas técnicas y metodologías. Los resultados de este objetivo 1 servirán de insumo para el desarrollo de las tecnologías del objetivo 2.

14.1.1 Actividad 1. (OE1- A1). Caracterizar la oceanografía, geomorfología, hidrología y calidad del agua de las zonas de estudio.

- **Responsable:** Universidad del Valle, Universidad Nacional sede Medellín, comunidades aliadas.
- **Resultados de la actividad:** Informe técnico con información de las condiciones océano-atmosféricas e hidrológicas y el efecto de la variabilidad climática que contribuya a la identificación de zonas con potencial energético.
- **Medio de verificación:** documento digital.
- **Componente 1:** Generación de nuevo conocimiento en Transición Energética Justa

En esta actividad se levanta información in situ a través de campañas de medición y monitoreo de parámetros oceanográficos, geomorfológicos, hidrológicos y de la calidad del agua de las zonas de estudio. La información será analizada para identificar la dinámica de la zona y su respuesta ante eventos de variabilidad climática, fenómenos naturales y cambio climático.

Las zonas de estudio se identifican en la Figura 26, y se definieron a partir de la revisión de información primaria y secundaria de diversas fuentes como de los resultados del proyecto: Identificación de zonas para el aprovechamiento de energía marina mareomotriz en la zona Sur del Pacífico colombiano, financiado por la Universidad del Valle.

- a) Zona Valle del Cauca, 3°20'24.59"N 77°25'27.98"O, cercanías al Chamuscado.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



b) Zona Nariño, 1°35'20.06"N 78°54'46.08"O, cercanías a Congal.



Figura 26. Localización de las zonas de estudio bajo influencia y dominio de las comunidades.

Las zonas de estudio se encuentran bajo la influencia del río y del mar, por lo que se requerirá efectuar la caracterización integral desde el enfoque oceanográfico, hidrológico, geomorfológico y de calidad de aguas.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Tarea 1 (OE1- A1-T1). Caracterización oceanográfica: En esta tarea se levantará información primaria de la zona costera para identificar locaciones con alto potencial de energía hidrocínética y mareomotriz (Figura 26). Los parámetros a monitorear son: corrientes, oleaje, vientos, nivel del mar, temperatura y salinidad del mar, temperatura ambiente, radiación solar, presión atmosférica, precipitación y humedad relativa entre otros.

Para medir las principales variables oceanográficas (olas, marea y corrientes) se usarán equipos oceanográficos como i.e correntómetro Doppler tipo ADCP, velocímetros ADV, y perfiladores de temperatura, salinidad y presión (Figura 27). Las zonas serán monitoreadas durante 2 años, principalmente en los meses climáticos característicos: época seca, húmeda y transición. En cada salida se tendrá en cuenta el régimen mareal para considerar las mareas de Sicigia y Cuadratura. Los equipos se emplearán en campañas de medición y fondeos diseñados posteriormente a la visita de reconocimiento.

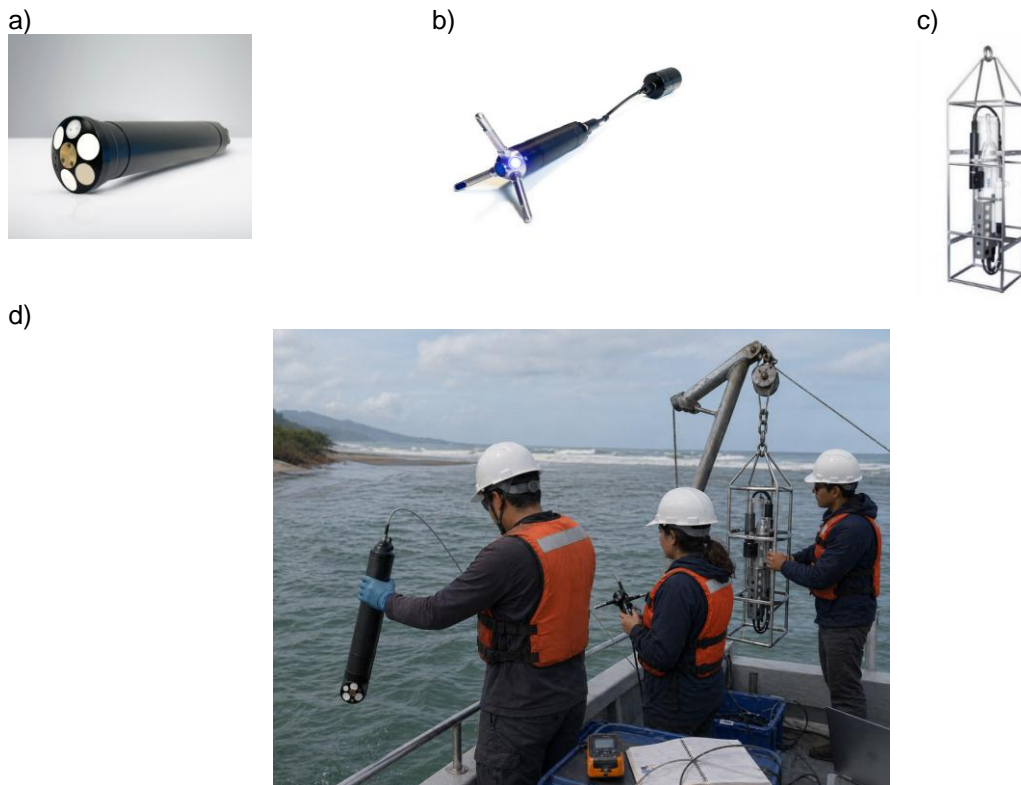


Figura 27. Equipos oceanográficos a emplear: perfilador de corrientes y medidor de olas - ADCP, b) velocímetro - ADV, c) perfilador de temperatura, salinidad y presión – CTD, d) campaña oceanográfica, imagen generada con IA.

También se empleará información secundaria disponible en bases de datos oceanográficas y atmosféricas de la región. Las bases de datos son ERA5 (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>), estaciones climatológicas del IDEAM (<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>), Red de Medición de Parámetros Oceanográficos y de Meteorología Marina REDMPOMM de DIMAR, Centro Colombiano de Datos Oceanográficos CECOLDO (<https://cecoldo.dimar.mil.co/>), WAVEWATCH III Model Data Access (<https://polar.ncep.noaa.gov/waves/ensemble/download.shtml>) y Mercator (<https://marine.copernicus.eu/>).

Tarea 2 (OE1- A1-T2). Caracterización geomorfológica costera: Con el objeto de conocer las características geológicas, hidrográficas y topográficas de las zonas de estudio, se efectuará análisis de información primaria y secundaria así:

Cartografía digital.

- Cartas topográficas y temáticas elaboradas por el IGAC.
- Imágenes satelitales gratuitas como las ofrecidas por Landsat 8-9 y Sentinel.
- Modelos digitales de elevación y de terreno de 3 m de la CVC y de DIMAR disponibles.
- Imágenes del satélite Planet de resolución espacial de 3 m.
- Imágenes de alta resolución espacial submétrica ≤ 1 m.
- Imágenes LIDAR pertenecientes a DIMAR y CVC.

Documentación técnica.

- Planes de ordenación y manejo ambiental (POMCA), y unidades ambientales costeras (UAC).
- Informes de gestión municipales de las corporaciones ambientales relacionadas con la cuenca (INVEMAR, CVC, DIMAR-CIOH).
- Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia (IDEAM).
- Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico.
- Guía de manejo integrado de la zona costera (MIZC).
- Planes y esquemas de ordenamiento territorial relacionados con la cuenca.
- Plan de ordenamiento del recurso hídrico de la cuenca.
- Plan de gestión del riesgo departamental y municipal.
- Planes de desarrollo departamental y municipal.
- Trabajos de investigación, informes técnicos y artículos científicos.

Información de campo.

- Levantamiento topográfico de zonas susceptibles a riesgos oceanográficos e hidrometeorológicos.
- Levantamiento hidrográfico del río de la zona baja (deltas, descargas), principales tributarios y cuerpos de agua amortiguadores.
- Información granulométrica y de turbidez del río y principales tributarios.
- Levantamiento morfodinámico del río y estructuras naturales.
- Levantamiento de unidades vegetales y cobertura.
- Levantamiento de infraestructura, tipo y uso de suelo.
- Mediciones de batimetrías en las zonas de detalle que se definan. Las cartas náuticas y datos globales batimétricos se usarán como parte de la información secundaria.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

El levantamiento de la información de campo se realizará con base en el trabajo de exploración en campo inicial y lo establecido por el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT. Los levantamientos topográficos se realizarán mediante sistemas de posicionamiento geográfico diferencial (DGPS, del inglés. Se instalará una estación de referencia con un equipo de posicionamiento cinemático el cual enviará en tiempo real las correcciones al equipo con el que se estarán recorriendo las zonas de estudio.



Figura 28. Medición de parámetros topográficos y batimétricos con equipos de posicionamiento GSP y bote hidrográfico autónomo (drone batimétrico); imagen generada con IA.

Mediante estaciones totales y el uso de drones topográficos (Figura 28) se caracterizará la geometría de las secciones transversales de los tributarios fluviales a las zonas costeras de alto potencial energético mareomotriz. Además, se realizarán levantamiento topográfico de orillas y de las zonas susceptibles a inundación, para así determinar la llanura de inundación y localizar o rectificar extensiones, alturas y distribución de obras civiles de control o protección.

Se generará la cartografía geomorfológica a escala semidetallada y general de las zonas de influencia de las futuras plantas de HVM. Para ello se desarrollarán actividades de procesamiento digital de imágenes y SIG, definición de la leyenda geomorfológica apropiada utilizando el modelo de leyenda geomorfológica de las zonas costeras, generación de la cartografía temática estructurada (formato geodatabase de Esri), elaboración de metadatos. Las principales tareas para efectuar son:

- Imágenes y topografía de las áreas: Procesamiento de imágenes de sensores remotos Ortocorrección, georreferenciación y elaboración de mosaicos, Crear la estructura de la base de datos espaciales, Generación de modelos de elevación (topografía) a escala semidetallada y general de cada área.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



- Cartografía: Generar la caracterización geomorfológica a escala definida por el proyecto de cada área (semidetallada y general). Con la base de datos y estructura del modelo leyenda geomorfológica de las zonas costeras), en formato Geodatabase, Generación de curvas de nivel y rasgos morfológicos, Generar la cartografía digital complementaria del análisis geomorfológico.
- Metadatos: Descripción proyecto y fuente de datos cartográficas, Crear los metadatos para las capas creadas en el proyecto.
- Informe técnico: Memoria y metodología técnica desarrolladas para generar la caracterización geomorfológica. Un informe técnico que contenga la cartografía temática.

Tarea 3 (OE1- A1-T3). Caracterización hidrológica costera: Las zonas de estudio se encuentran en una cuenca hidrológica con descarga al océano, por ello, es fundamental medir niveles, caudales y velocidades de flujo para estimar el balance hídrico de la cuenca. Este balance permitirá identificar la variación del volumen de control o dicho de otra forma, los niveles de las aguas y sus velocidades en las zonas bajo estudio. Estos cambios son relevantes debido a que afectan la cantidad de energía hidrocínética y maremotríz que podrá aprovechar la planta HVM, así como también tendrá un efecto en la seguridad e integridad física y operativa del módulo de generación eléctrica HVM-TIDAL.

La medición de caudales y niveles se efectuará a través de equipos de última tecnología conocidos como ADCP instalados en plataformas móviles para cuantificar los flujos en las secciones hidráulicas de las zonas de estudio (Figura 29). Los sedimentos en los cuerpos de agua también serán medidos a través mediante muestras de agua superficiales y núcleos de suelo tomados por dragas, trampas de sedimento y *piston cores*; la concentración y tipo de sedimento es esencial para caracterizar la densidad del agua y la estabilidad del lecho de río y mar ante los esfuerzos cortantes generados por las corrientes fluvio-marinas.

a)

b)

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 114 de 221





Figura 29. a) Perfilador de corrientes River Pro, b) perfilador de corrientes móvil River Ray marca Teledyne.

Durante la campaña de campo se medirán variables meteorológicas como magnitud y dirección del viento, radiación solar, precipitación, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, para una mejor comprensión de los procesos hidrológicos en la zona de estudio. Para ello se instalará una estación meteorológica con registros promediados cada 15 minutos, durante 36 meses. Para el desarrollo de este objetivo se aplicarán las metodologías de asimilación y modelación de parámetros atmosféricos diseñada por Rueda-Bayona et al. (Rueda-bayona, 2017; Rueda-Bayona et al., 2016);(Rueda-Bayona, 2017; Rueda-Bayona et al., 2016) considerando Análisis de Fourier, Onditas, funciones de distribución de probabilidad y métodos de clasificación artificial como las redes neuronales *Self Organizing Maps* (SOM). También se efectuarán análisis de distribución espacio-temporal, probabilidades conjuntas, diagramas Hovmöller, análisis de Cluster (K-medias) y análisis de Silueta (M. Bastidas-Salamanca & Gabriel Rueda-Bayona, 2021).

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Figura 30. a) Estación meteorológica automática de alta resolución temporal; imagen generada con IA.

La información secundaria será obtenida de diversas fuentes y bases de datos nacionales de libre acceso, de las cuales se mencionan a continuación:

IDEAM¹⁸: esta base de datos nacional proviene de una red de estaciones climatológicas.

DIMAR: se accederá a información meteorológica medida por las estaciones EMMAS y EMET instaladas en la región.

CVC: se solicitará copia de la información de la red hidro climatológica empleada en los POMCAS realizados por la corporación.

-Era5¹⁹: La base de datos inicia desde el 01 enero 1979 hasta la fecha con información horaria de parámetros climáticos con cobertura espacial sobre Colombia. Esta base de datos es una de las mejores conocidas por su resolución temporal, calidad de los datos y cantidad de variables hidrológicas.

Tarea 4 (OE1-A1-T4). Caracterización de la calidad del agua marina.

Se efectuarán toma de muestras de agua y mediciones físico químicas y micro biológicas de los cuerpos de agua de las zonas de estudio. Las mediciones se efectuarán a través de sondas multiparamétricas (Figura 31) y las

¹⁸ <http://www.ideam.gov.co>

¹⁹ <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

muestras de agua se llevará a laboratorios acreditados para sus análisis. Las campañas se diseñarán después de la visita de reconocimiento y considerarán mediciones y toma de muestras en tres momentos del día (mañana, medio día, tarde) durante 3 días consecutivos. También se efectuarán monitoreos compuestos de los parámetros de calidad de agua recomendados en la guía de modelación colombiana (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/15.-Anexo-15-Guia-Nacional-de-Modelacion-del-Recurso-Hidrico.pdf).



Parámetros	HI 9829
pH	■
mV	■
ORP	■
Oxígeno Disuelto	■
Conductividad	■
Resistividad	■
TDS	■
Salinidad	■
Gravedad Específica del Agua	■
Presión Atmosférica	■
Temperatura	■
Amonio	■
Cloruros	■
Nitratos	■
Turbidez	■

Figura 31. Sonda multiparamétrica portátil de calidad de aguas. Fuente: Hanna instruments

14.1.2 Actividad 2. (OE1- A2). Identificar zonas con potencial para generación de energía mareomotriz y de captación de agua para generación de hidrogeno en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

- **Responsable:** Universidad Del Valle, comunidades, Instituto De Planificación Y Promoción De Soluciones Energéticas Para Zonas No Interconectadas – IPSE.
- **Resultados de la actividad:** 12 artículos científicos.
- **Medio de verificación:** identificador digital DOI.
- **Componente 1:** Generación de nuevo conocimiento en Transición Energética Justa

La identificación de las zonas requiere de la evaluación de escenarios pasados, presentes y futuros de las condiciones oceanográficas, hidrológicas, geomorfológicas y de calidad de agua. Estos escenarios se construirán

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



a través de herramientas de modelación que simulen el comportamiento y dinámica de los cuerpos de agua. La información recopilada en la Actividad 1 del objetivo 1 y los análisis estadísticos de los parámetros, se emplearán para implementar los modelos numéricos y definir los casos de simulación respectivamente. Los modelos hidrológicos, hidráulicos, hidrodinámicos y de calidad de agua serán calibrados y validados con técnicas retrospectiva y prospectiva.

La técnica de modelación retrospectiva permitirá evaluar los resultados de modelación según escenarios presentados o que realmente han ocurrido según los registros y mediciones, por ejemplo, las precipitaciones y los caudales ocurridos en eventos extremos como el fenómeno de La Niña del 2010-2011 en Colombia. Esta modelación “hacia atrás” permitirá calibrar y validar los modelos numéricos a emplear, de manera que se tenga confianza en las modelaciones de los escenarios a futuro. La modelación prospectiva consiste en modelar “hacia adelante”, la cual permitirá pronosticar las condiciones futuras de la hidrología e hidráulica de la cuenca. Esta estrategia de modelación facilitará el análisis de la evolución hidráulica de la cuenca según condiciones hidrológicas a futuro. Como resultado, se podrán estimar los riesgos por eventos de inundación y las posibles estrategias duras o blandas para el control, adaptación o mitigación de la inundación.

En la Figura 32 se presenta la estrategia de implementación y articulación de los modelos que simularán las condiciones hidráulicas, de transporte y de calidad de agua de las zonas de estudio, así como la interacción fluido-estructura de las turbinas hidrocinéticas y mareomotrices que permitan evaluar el efecto de la tecnología sobre el cuerpo de agua, las orillas y el lecho.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 118 de 221



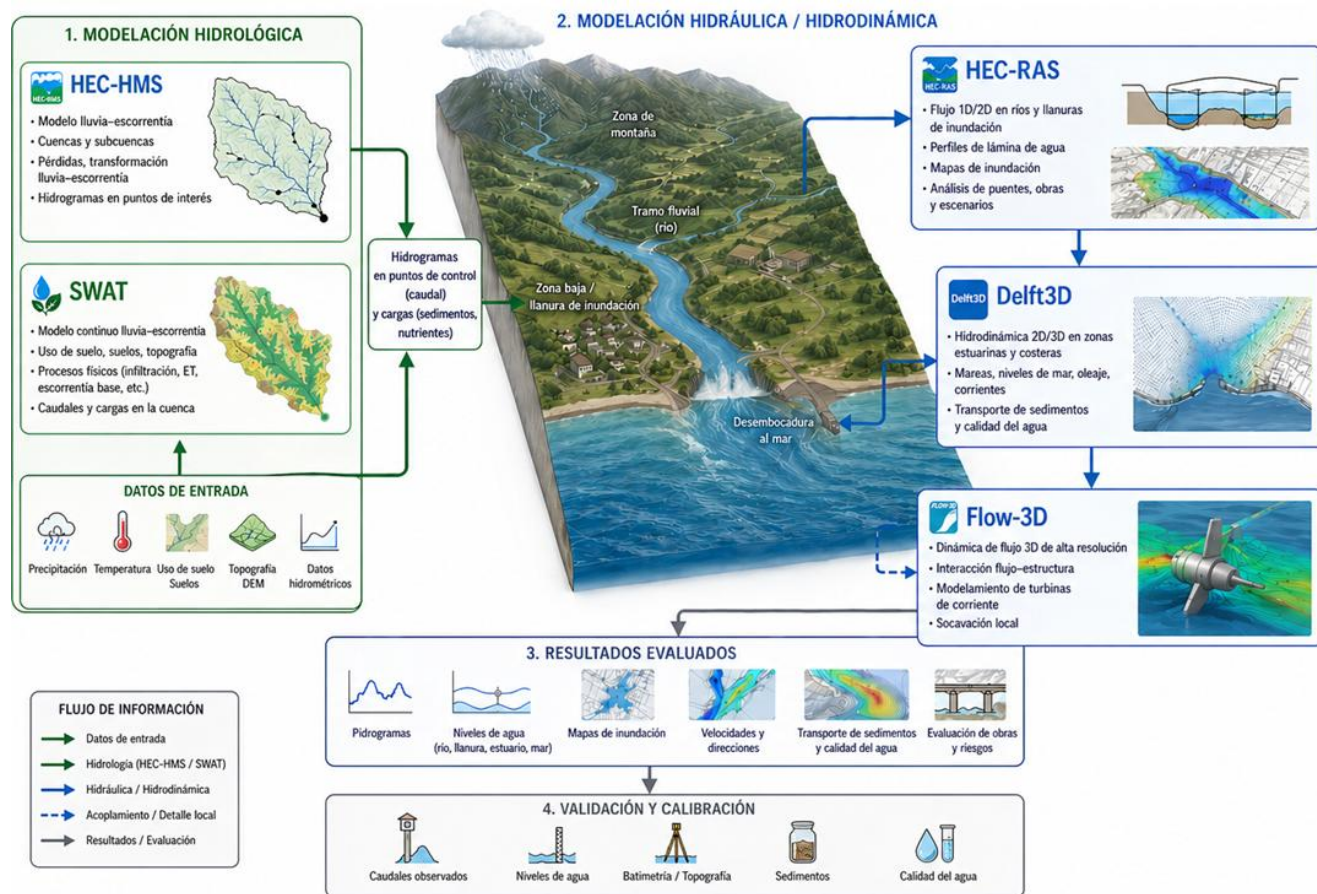


Figura 32. Estrategia de modelación hidrológica, hidráulica, hidrodinámica, transporte y de calidad de agua.

HEC-HMS es un modelo de evento diseñado para simular procesos de lluvia-escorrentía y transformar precipitación en hidrogramas de caudal. Por su parte, SWAT es un modelo de base física a escala de cuenca que evalúa a largo plazo el impacto del manejo del suelo, el clima y la vegetación sobre el agua y los sedimentos. Ambas herramientas son fundamentales para la gestión de recursos hídricos y la predicción de avenidas.

HEC-RAS es el estándar para modelar la hidráulica de ríos, permitiendo simular flujos en una y dos dimensiones para determinar niveles de inundación y transporte de sedimentos en cauces. Delft3D se especializa en entornos costeros y estuarios, integrando los efectos de mareas, oleaje y salinidad en la zona de descarga, además simula el transporte de contaminantes y la calidad del agua. Finalmente, FLOW-3D utiliza dinámica de fluidos computacional (CFD) de alta resolución para analizar con precisión turbulencias complejas y el comportamiento del flujo en estructuras hidráulicas y máquinas como las turbinas hidrocinéticas y mareomotriz.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Los modelos SWAT²⁰ y Delft3D son reconocidos por su éxito en diversos proyectos de investigación y consultoría que se han realizado a nivel mundial (Elhakeem et al., 2015; Garcia et al., 2015). La física y los detalles de los modelos empleados se pueden encontrar en los manuales y documentos técnicos de SWAT²¹, Delft3D (Deltares, 2014a), HEC-RAS y HEC-HMS (www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/). A su vez, el modelo CFD Flow 3D se ha utilizado en proyectos de ingeniería e investigaciones aplicadas en ríos y estructuras hidráulicas (Kim et al., 2022). A continuación, se presentan cada una de las tareas que permitirán la implementación, calibración y validación de los modelos numéricos.

Tarea 1 (OE1- A2-T1). Modelación hidrológica.

La modelación hidrológica presentada en la Figura 32 se basa en la integración de los modelos HEC-HMS y SWAT para representar de manera integral los procesos de generación de escorrentía en la cuenca. Por un lado, HEC-HMS se utiliza para simular eventos lluvia–escorrentía, permitiendo estimar hidrogramas en puntos de control a partir de la precipitación, considerando pérdidas, transformaciones y la respuesta hidrológica de subcuencas. Por otro lado, SWAT complementa el análisis mediante una simulación continua a escala de cuenca, incorporando procesos físicos como infiltración, evapotranspiración, uso del suelo y dinámica de sedimentos y nutrientes. Ambos modelos se alimentan de datos de entrada como precipitación, temperatura, topografía (DEM), uso del suelo y registros hidrométricos, y generan como salida caudales y cargas que sirven como condición de frontera para los modelos hidráulicos, garantizando así una representación coherente del ciclo hidrológico desde la cuenca hasta el sistema fluvial y su descarga al mar.

La implementación de los modelos hidrológicos requerirá un análisis hidrológico previo. El análisis hidrológico consiste en la estimación de caudales de diseño con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 años, mediante análisis de probabilidad de los datos obtenidos en la Actividad 1 - Objetivo 1, y a través de métodos de estimación de caudales sintéticos como Snyder, racional, SCS, entre otros.

Tarea 2 (OE1- A2-T2). Modelación hidráulica.

La modelación hidráulica mediante HEC-RAS se enfoca en simular el comportamiento del flujo en el cauce y sus llanuras de inundación a partir de los caudales generados por la modelación hidrológica. Su implementación inicia con la construcción de la geometría del sistema fluvial, incorporando secciones transversales, puentes, alcantarillas y la topografía detallada obtenida de modelos digitales del terreno (DEM) y levantamientos batimétricos. Posteriormente, se definen las condiciones de frontera (caudales de entrada, niveles aguas abajo y, en zonas costeras, la influencia del nivel del mar) y se selecciona el tipo de simulación, ya sea en régimen permanente o no permanente, y en esquemas unidimensionales (1D) o bidimensionales (2D). El modelo permite calcular perfiles de lámina de agua, velocidades de flujo y extensión de inundaciones, generando mapas detallados que son fundamentales para la evaluación del riesgo, el diseño de obras hidráulicas y la gestión del territorio en zonas ribereñas.

²⁰ <https://swat.tamu.edu/docs/>

²¹ <https://swatplus.gitbook.io/docs/>

Tarea 3 (OE1- A2-T3). Modelación hidrodinámica.

Modelamiento con Delft3D

El modelamiento hidrodinámico con Delft3D y el modelo SWAN el cual está integrado en el módulo wave de Delft3D (Deltares, 2014b) se emplea para simular de manera acoplada los procesos de flujo en zonas estuarinas y costeras, donde interactúan las descargas fluviales con las dinámicas marinas. Su implementación parte de la generación de una malla computacional (estructurada o no estructurada) que representa la geometría del dominio, incluyendo batimetría y topografía costera. Sobre esta base, se definen condiciones de frontera como niveles de marea, oleaje, corrientes, viento y aportes de caudal provenientes del río (por ejemplo, los obtenidos con HEC-RAS). El modelo resuelve las ecuaciones hidrodinámicas en 2D o 3D para estimar campos de velocidad, niveles de agua y patrones de circulación, permitiendo además simular el transporte de sedimentos y la calidad del agua. De esta forma, Delft3D resulta clave para analizar la interacción río-mar, la evolución morfológica y los procesos de dispersión en la zona de desembocadura.

Estos modelos se implementarán en doble vía en tiempo real lo que permite que los procesos hidrodinámicos y de oleaje se modelen de manera simultánea (Figura 33).

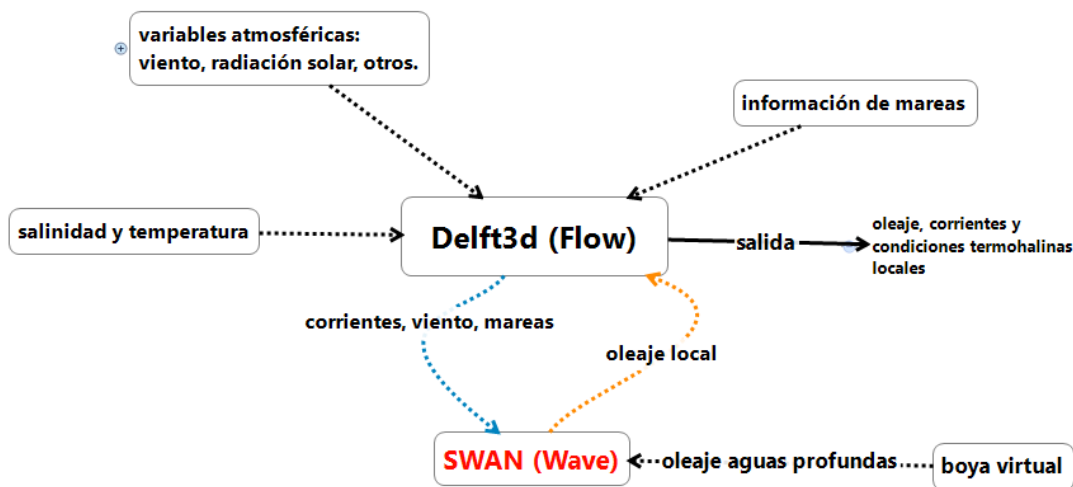


Figura 33. Flujo de información de los modelos numéricos oceanográficos.

Modelamiento CFD con Flow3D

La implementación del modelo Flow-3D se orienta al análisis detallado de la interacción fluido-estructura en turbinas mareomotrices mediante simulaciones tridimensionales de alta resolución basadas en dinámica de fluidos computacional (CFD). El proceso inicia con la definición precisa de la geometría de la turbina (álabes, eje,

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

carcasa y sistema de cimentación) y del dominio hidráulico circundante, seguido de la generación de una malla refinada en las zonas de mayor gradiente de flujo. Se establecen condiciones de frontera representativas del entorno marino, como velocidades de corriente, niveles de agua y propiedades del fluido, así como modelos de turbulencia adecuados. Flow-3D resuelve las ecuaciones de Navier–Stokes para capturar fenómenos complejos como estelas, vorticidad, cavitación y distribución de presiones sobre la estructura, permitiendo estimar variables clave como fuerzas, torque y eficiencia energética. Adicionalmente, el modelo se emplea para analizar el efecto de la cimentación de la turbina sobre el transporte de sedimentos, evaluando procesos de socavación y deposición que pueden comprometer la estabilidad de la estructura, así como para estudiar la evolución de la erosión en el lecho marino. Asimismo, se incorporan escenarios de impacto con objetos flotantes, troncos o fauna marina, con el fin de evaluar la respuesta hidrodinámica y estructural de la turbina ante estas condiciones, aportando criterios para su diseño seguro, operación eficiente y mitigación de riesgos en entornos reales.

Tarea 4 (OE1- A2-T4). Modelación de calidad del agua.

Se implementará el módulo de calidad de aguas del modelo Delft3D (DELWAQ) para simular y analizar la hidrodinámica, los procesos sedimentológicos y de calidad del agua en sistemas lénticos como estuarios y bahías. El módulo de calidad de agua (DELWAQ) se utiliza para simular el transporte y transformación de contaminantes en sistemas fluviales, estuarinos y costeros, integrando los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el estado del agua. A partir de los campos hidrodinámicos previamente calculados (niveles, corrientes y mezcla), el modelo resuelve el transporte advectivo-dispersivo de sustancias y permite incorporar reacciones como degradación de materia orgánica, ciclos de nutrientes (nitrógeno y fósforo), oxígeno disuelto, crecimiento de fitoplancton y dinámica de salinidad y temperatura. Su implementación requiere la definición de condiciones iniciales y de frontera, como concentraciones en descargas puntuales y difusas, aportes fluviales y condiciones oceánicas, además de parámetros cinéticos calibrados con datos de campo. De esta manera, Delft3D permite evaluar escenarios de contaminación, eutrofización y dispersión de vertimientos, apoyando la gestión ambiental, el diseño de estrategias de saneamiento y la toma de decisiones para la protección de ecosistemas acuáticos.

Tarea 7 (OE1- A2-T7). Identificar puntos de generación eléctrica y captación de agua.

La identificación de los puntos con alto potencial de generación de energía mareomotriz tomará como insumo los resultados obtenidos en el objetivo 2. Además, se tendrá como referencia la metodología desarrollada por Bastidas y Rueda-Bayona (M. L. Bastidas-Salamanca & Rueda-Bayona, 2021 para la identificación de zonas con potencial eólico marino, y se adaptará para la localización de zonas con potencial mareomotriz (Figura 34)

Teniendo en cuenta las tres etapas de la Figura 34, la etapa de prefactibilidad espacial será el primer paso para identificar zonas con potencial mareomotriz que no se encuentren dentro de restricciones geográficas como áreas marinas protegidas, zonas altamente vulnerables, etc. Además, que las velocidades de corriente tengan un régimen adecuado para el impulso de las turbinas y que la profundidad del agua permita la implementación segura de la tecnología.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

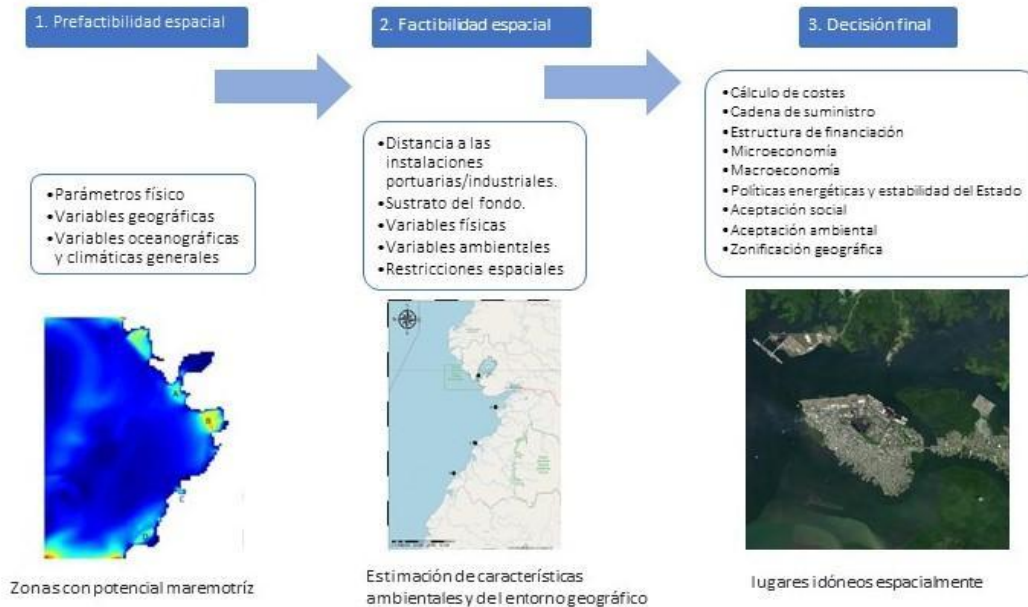


Figura 34. Etapas de análisis para la localización de zonas con potencial mareomotriz. Modificado de: (M. L. Bastidas-Salamanca & Rueda-Bayona, 2021; Quintero & Rueda-Bayona, 2021) .

La etapa de factibilidad espacial analizará las áreas y distancias apropiadas de las instalaciones portuarias y sus capacidades para apoyar las fases de construcción, operación, mantenimiento y desinstalación de las turbinas mareomotrices. En esta etapa también se estimarán las fuerzas o cargas ambientales que afectarían la estabilidad, operatividad y durabilidad de las turbinas. La información obtenida será el insumo para la estimación de características ambientales y del entorno geográfico. La etapa de decisión final efectuará una revisión de los lugares idóneos espacialmente desde de un análisis integrado del tema físico, social, ambiental, administrativo, económico y logístico considerando sus debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas que contribuyan al desarrollo de la tecnología en la región. También, se tomará como referencia las recomendaciones para la evaluación del recurso mareomotriz dadas por los estudios más recientes de khare y Nema (Khare & Nema, 2018), Wne y Li (Wen & Lin, 2022), Jiang et al (Jiang et al., 2021) , Thiébot et al. (Thiébot et al., 2022), Rahim et al. (Abd Rahim et al., 2023), Barclay et al. (Martí Barclay et al., 2023) , Novo y Kyozuka (Garcia Novo & Kyozuka, 2021), y Fouz et al (Fouz et al., 2022b).

Identificados los puntos de generación se verificará que las secciones transversales superen los 100 m de longitud para que las turbinas hidrocinéticas y mareomotriz operen sin interrumpir la libre navegación de las personas y la fauna (Figura 35). La separación entre las palas o álabes de la turbina BeamReach es de 2 m y la velocidad de su rotor es de aproximadamente 50 cm/s, por lo que el riesgo de colisión y daño a la fauna fluvial y marina es poco probable. Las turbinas de Colturbinas y la de IMPETUS-Enríquez se ubicarán en función de la ubicación de la turbina BeamReach, para que los tres tipos de turbinas sean evaluados en condiciones similares.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

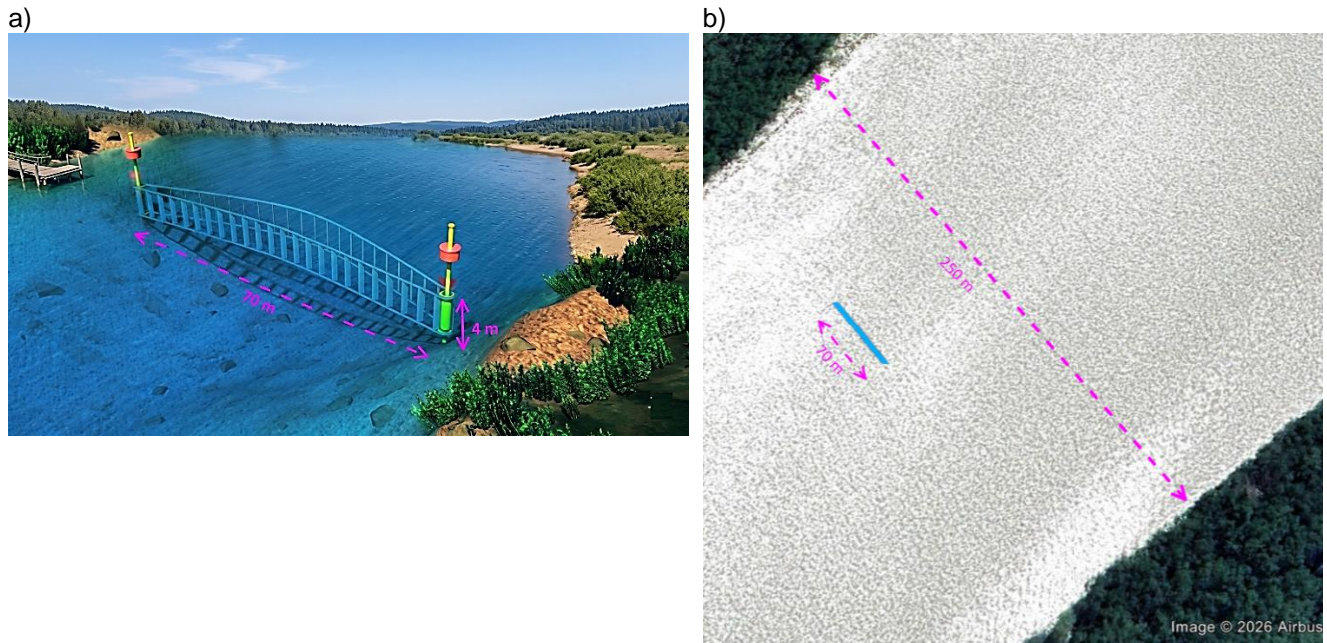


Figura 35. Esquema de instalación de la turbina BeamReach: a) longitud y profundidad promedio de la planta para una velocidad de operación nominal de 1.5 m/s, b) ejemplo de instalación de la planta (línea azul) en un punto de la Zona Valle del Cauca. Modificado de: tidalsails.com

La localización del punto de instalación de la planta HVM tendrá también en cuenta el punto de captación de agua salina o salobre para la producción de Hidrógeno verde. En ese sentido, los análisis de laboratorio y el modelamiento de calidad del agua facilitarán la viabilidad de captación del agua para su desalinización, remoción de impurezas para la producción de Hidrógeno.

Tarea 8 (OE1- A2-T8). Evaluación de sistemas híbridos de respaldo energético.

El objeto de esta actividad es evaluar el aporte energético que proporciona una solución híbrida off-grid (sol-viento) al equipo de electrólisis que se implementará en el proyecto, como sistema de respaldo cuando la planta mareomotriz presente dificultades de operación, o cuando la demanda de energía aumente por crecimiento de la producción de H₂. También se calcularán parámetros como LCOE, NPC en la producción de hidrógeno verde (H₂V) a partir de energía mareomotriz, considerando diferentes escenarios LPSP. Adicionalmente, se efectuará caracterización del perfil de carga de la tecnología de producción de H₂ y el potencial energético del sol (radiación

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



solar) y viento (régimen del viento) en el área de estudio (información secundaria). Por último, se desarrollará un algoritmo para establecer la factibilidad técnica (LPSP) y económica (LCOE, NPC) del sistema energético basado en energía mareomotriz y que va a satisfacer el consumo energía eléctrica del sistema de producción de Hidrógeno Verde.

Tarea 9 (OE1- A2-T9). Evaluar ambiental y socialmente el impacto en las zonas de generación eléctrica y de captación de agua debido a las tecnologías (mareomotriz y de electrolisis) considerando los factores físicos, bióticos, sociales, normativos y económicos de la región

La componente ambiental y social se desarrollará en 3 etapas secuenciales: (1) diagnóstico, (2) medición en campo (3) mezcla de saberes, (4) puesta en acción; y una transversal a todas: (5) monitoreo comunitario.

(1) Diagnóstico: involucra la adquisición de la información sobre las componentes (a) física: climatología oceánica y atmosférica, corrientes cerca de la costa y niveles de inundación; (b) ecológica: tipos de ecosistemas, sus distribuciones en las zonas seleccionadas y sus características que intervienen en los procesos morfológicos y de impactos ambientales antes los dispositivos de generación de energía marina e hidrogeno propuestos; y (c) social: caracterización demográfica y la distribución espacial de la comunidad y su infraestructura.

La climatología requerida en (a) será desarrollada mediante el análisis de bases de datos climáticas globales (oleaje, nivel del mar, viento), las corrientes cerca de la costa se obtendrán utilizando modelos computacionales los cuales serán calibrados y validados con información medida en campo por proyectos previos que se desarrollan por la UNAL (grupo OCEANICOS). Actualmente, se cuenta con datos sobre los diferentes tipos de manglares y sus características en algunas zonas de la bahía de Buenaventura, también con algunos datos de ecosistemas marino-costeros. Sin embargo, es necesario obtener información sobre las especies en detalle y los procesos ecológicos. La distribución espacial de la infraestructura comunitaria y de la evolución geomorfológica de la costa se obtendrá utilizando imágenes de satélite y de dron que permiten ubicar la infraestructura geo referencialmente en el contexto de la línea de costa.

(2) Medición en campo: Las metodologías de campo oceanográficas y de evaluación de impactos sobre la biodiversidad para zona de estudio se complementan con Las metodologías de campo descritas para el objetivo 1 así:

- Medición de salinidad, temperatura del mar y calidad del agua
Se propone la instalación de sensores de temperatura (HOBO Pendant Temp/light UA-002-64) y salinidad (Hobo Salt/water U24-002-C) para registros horarios puntuales en la zona de estudio. Esta información servirá para calibrar y validar los modelos numéricos que serán empleados para el análisis hidrodinámico y de hidrocarburos, cuyos fundamentos aparecen en los Términos de Referencia para Estudios Oceanográficos de DIMAR.
- Metodología para evaluar los impactos sobre la biodiversidad marina de las tecnologías propuestas. El protocolo para la caracterización de los impactos sobre la biodiversidad marina y los recursos naturales en la zona de estudio considera la obtención de información primaria y secundaria de los siguientes aspectos:

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

1. Identificación de los componentes ambientales (abiótico, biótico y humano) en las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto (oferta ambiental)
2. Determinación de los principales impactos ambientales en los ecosistemas estratégicos del área, incluyendo especies importantes para la seguridad alimentaria, especies bioconstructoras, especies “sombrija”, especies de distribución limitada, especies vulnerables y especies indicadoras de procesos ecológicos y de degradación ambiental.
3. Identificación de factores naturales que afecten el ecosistema
4. Identificación de factores inducidos por actividad antrópica relacionada con las tecnologías propuestas.

Para el diagnóstico es importante determinar la oferta ambiental tanto en las condiciones oceanográficas como en la biodiversidad afectadas por el proyecto. Para esto, se realizará el levantamiento de la información de base (oferta ambiental) con las siguientes comunidades bióticas y elementos ambientales del área del proyecto:

- Fitoplancton, zooplancton, comunidades algales, macroinvertebrados de fondos blandos (arena principalmente), comunidades de zonas rocosas entre mareas, comunidades asociadas a las praderas de fanerógamas marinas y a los arrecifes coralinos e ictiofauna. También se estudiarán las aves marinas asociadas.
 - Composición de especies, estructuras poblacionales, estudios de comunidades, redes tróficas, índices biológicos: diversidad, riqueza, similitud, abundancia, integridad biótica, zonas de cría de fauna marina.
 - Incidencia sobre la estructura y distribución espacio-temporal de la flora acuática y de los manglares como ecosistema estratégico de la región; sus funciones, bienes y servicios ecosistémicos, Recursos forestales maderables.
 - Recursos hidrobiológicos: invertebrados (moluscos, crustáceos, otros); Ícticos (pesca).
 - Índices biológicos: diversidad, riqueza, similitud, abundancia, integridad biótica.
 - Incidencia sobre la estructura y distribución espacio-temporal de la fauna acuática: macroinvertebrados asociados a manglares y zonas lodosas. Ictiofauna, Alteración de las redes trófica, Índices biológicos: diversidad, riqueza, similitud, abundancia, integridad biótica, etc.
 - Relaciones ecológicas: Modificaciones de hábitats: acuáticos, asociados al sistema de humedales.
- Medios de vida que brindan las funciones y servicios ecosistémicos del entorno biótico del proyecto:
- Recursos hidrobiológicos: invertebrados (moluscos, crustáceos, otros); Ícticos (pesca).
 - Movilidad y transporte fluvial.
 - Alteración de senderos y caminos en zonas de influencia directa.
 - Actividades turísticas con impacto sobre la fauna asociada al entorno del proyecto.
 - Uso actual y potencial del suelo en zonas de influencia del proyecto.
 - Actividades de ampliación de viviendas en zonas de influencia directa.
 - Caza de especies asociadas al entorno del proyecto.
 - Explotación de recursos forestales (madereros) si los hay en el área de influencia.
 - Actividades lúdicas-recreativas. Contacto primario.

La metodología para la Identificación y evaluación de los impactos ambientales (tensores) incluye los siguientes elementos, siguiendo la metodología de Conesa-Fernandez V. (2009):

- Identificación y evaluación de los eventuales Impactos que se puedan presentar sobre los componentes bióticos de la línea de base ambiental, ocasionados por procesos naturales y/o inducidos por actividades antrópicas-EIA. Declaratoria de Efectos Ambientales-DEA.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Aplicación de los sistemas de evaluación de impacto ambiental: Listas de control: simple, descriptiva, escala-peso, matrices de interacción: cualitativas y cuantitativas, cartografía básica, SIG, imágenes satelitales, vehículos aéreos no tripulados(drones).
- Evaluación cualitativa de los efectos (redes de interacción, matrices)
- Contrastación en el campo donde se obtiene la información primaria, identificación de los indicadores de 1°, 2° y 3er orden
- Evaluación cualitativa y cuantitativa definitiva de los impactos generados por la construcción y operación de las tecnologías de generación de energías marinas renovables.
- Informe de evaluación del impacto ambiental (EIA)
- Propuesta de elementos clave para el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Metodología para evaluar los impactos sociales de las tecnologías formuladas

Se utilizará la clasificación propuesta por Maxwell et al. (Rodrigues et al., 2021) para la caracterización de los impactos sociales potenciales, basados principalmente en la definición de impactos sociales de la IAIA (2003). Así, se identifica a los impactos sociales como cambios que ocurren en uno o más de los siguientes modos de vida de los actores sociales involucrados en el área de estudio:

- El modo de vida de las personas: cómo las personas viven, trabajan, juegan e interactúan entre sí en el día a día.
- Su cultura: sus creencias, costumbres, valores y lenguaje o dialecto compartidos.
- Su comunidad: su cohesión, estabilidad, carácter, servicios e instalaciones.
- Sus sistemas políticos: la medida en que las personas pueden participar en las decisiones que afectan sus vidas, el nivel de democratización que se está produciendo y los recursos proporcionados para este fin.
- Su entorno: la calidad de las personas que usan aire y agua; la disponibilidad y calidad de los alimentos que comen; el nivel de riesgo, polvo y ruido al que están expuestos; la adecuación del saneamiento, su seguridad física y su acceso y control sobre los recursos.
- Su salud y bienestar: la salud es un estado de completo bienestar físico, mental, social y espiritual, y no solo la ausencia de enfermedad.
- Sus derechos personales y de propiedad, particularmente si las personas se ven económicamente afectadas o experimentan desventajas personales que pueden incluir una violación de sus libertades civiles. Sus aspiraciones y percepciones sobre su seguridad, sus temores sobre el futuro de su comunidad y sus aspiraciones para su futuro.

(3) Mezcla de saberes: esta etapa permite contrastar la información de base científica con la información y experiencia de la comunidad. A través de talleres se abordarán las herramientas conceptuales que permitan la planificación, ejecución y evaluación de medidas de solución energética y nuevos modelos de negocios acorde con las prácticas de las comunidades, así se garantiza el éxito de los proyectos a implementar. El conocimiento local-comunitario de las dinámicas naturales (ciclos de marea, de olas, de corrientes, procesos erosivos, etc.) es fundamental para el éxito de los proyectos en la transición energética justa. Las comunidades de trabajo (particularmente la zona de Punta Soldado, donde se cuenta con 5 años de trabajo colaborativo con la comunidad y se cuenta con un manifiesto de colaboración firmado, entre otras) expondrán el trabajo que han ejecutado en las zonas a partir de un manejo comunitario y monitoreo de los ecosistemas. Esta información facilitará el co-desarrollo de la infraestructura piloto y la minimización de los impactos ambientales.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Se definirá conjuntamente el esquema de toma de decisiones que la comunidad utilizará de acuerdo con los resultados del diagnóstico, con las herramientas conceptuales adquiridas y con el plan de monitoreo que se defina.

(4) Puesta en acción: comprende la recolección y preparación de los materiales para la construcción de la infraestructura, se espera que estén compuesto por tecnologías que se puedan construir también a partir de la experiencia local (ej. SENA) y se espera involucrar a las comunidades. Se considera la construcción de plantas piloto, con todo el sistema de generación, transmisión y transformación del subproducto del hidrógeno. Se espera también mirar la posibilidad de evaluar la infraestructura local de lanchas y embarcaciones de mayor calada para operar el sistema. Todo esto se evaluará a la luz de las capacidades de la región. De acuerdo con los resultados del monitoreo previo y la nueva infraestructura propuesta, se espera evaluar los impactos ambientales en todas las dimensiones (física, biótica y social).

(5) Monitoreo comunitario: se establecerá un sistema de monitoreo conjunto para medir los cambios en los sistemas oceanográficos, morfológicos y bióticos con equipos de detalle (GPS diferencial, ADCP, Sensores de nivel, drones) en los días donde se realicen las visitas a campo. También, la comunidad utilizando equipos con menor resolución hará monitoreos con mayor frecuencia. Adicionalmente, se establecerá una guía especificando la relevancia de la información que puede ser colectada en las zonas de estudio, clasificándola como mínima indispensable, aceptable o ideal. De esta forma, futuros proyectos con las comunidades podrán hacer uso de esta herramienta facilitando la mejor toma de decisiones posible.

Actualmente, el abanico de tecnologías emergentes es amplio, como es el caso de las que involucran técnicas ópticas, sin embargo, en Colombia su desarrollo y aplicación es incipiente para el monitoreo espacial y temporal de biosistemas, a través de la detección próxima o remota, con el subsecuente beneficio de disponer de información confiable y en tiempo real, que facilite la trazabilidad y el manejo sostenible de biosistemas.

Esta propuesta plantea el diseño y ensamble de un sistema óptico autónomo para monitoreo de biosistemas que opere a baja altitud, con el propósito de suplir limitaciones de la detección remota satelital referidas a la resolución espacial, espectral y temporal necesaria para aplicaciones reales como el monitoreo de la salud y diagnóstico preventivo de biosistemas acuáticos y terrestres.

La utilidad de sistemas espaciales de teledetección es limitada por las condiciones geográficas de la zona estudio (alta nubosidad, variabilidad climática, etc.), la falta de información base y la limitada situación socioeconómica en la región, que hacen que su utilización en la detección remota satelital o aerotransportada tenga muchas limitaciones por su falta de disponibilidad real, alto costo y complejidad operativa.

En los últimos años, han surgido en el mercado dispositivos óptico-electrónicos de bajo costo, aplicables a la detección de la señal espectral de biosistemas. La limitante es que no se conoce en detalle su comportamiento bajo condiciones de operación en campo abierto, meteorología variable y supervisión continua del biosistema en estudio. Se requiere entonces un análisis cuantitativo y el acondicionamiento de la señal captada para generar bioindicadores espectrales acordes a la geografía y condiciones edafoclimáticas en el trópico.

Una aplicación potencial del sistema óptico autónomo, que hasta el momento está sin desarrollar en la región, es la que utiliza en combinación microsensores hiperespectrales, multiespectrales, Lidar y plataformas aéreas

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



autónomos de baja altitud, con el objetivo de conformar programas de monitoreo en tiempo real de biosistemas tropicales, que permitan detectar tensiones ambientales; con ello, es posible diagnosticar a tiempo y asegurar la salud de biosistemas, independiente de la configuración geográfica de la zona.

Los productos de esta investigación servirán, para conocer el comportamiento espectral relacionado con la respuesta foto-química y biofísica de un biosistema en condiciones de tensión ambiental y orientar prácticas técnico-científicas y culturales, determinar y monitorizar la salud de biosistemas y el desarrollo de modelos aplicables a biosistemas en condiciones de tensión ambiental.

14.2. Objetivo específico 2 (OE2). Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente y de producción de hidrógeno verde considerando la innovación y su transferencia que contribuyan al cierre de brechas de acceso a las FNCER en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

Línea Temática. Nuevas tecnologías emergentes.

Sub-línea temática: Desarrollo y aplicaciones de Tecnologías para la generación de Hidrógeno verde y azul, optimizando la producción, almacenamiento y regulación para transporte e industria.

Durante el desarrollo de este proyecto, desde la evaluación de las pruebas de concepto de las turbinas seleccionadas para tal fin y hasta el registro de la operación en sitio de la planta de energía ensamblada y acoplada, se requiere procesamiento digital de señales e instrumentación acorde para estos propósitos, utilizando adicionalmente telemetría para ejecutar la revisión de la operación en tiempo real y remota de la ubicación de los prototipos en funcionamiento. Para la Actividad 1 (OE2-A1) Algunos de los instrumentos requeridos son torquímetros, tacómetros, osciloscopios, sensores de presión, sensores de flujo y todo el sistema de acoplamiento electrónico requerido para entregar información que permita identificar el tipo de operación de la máquina hidráulica y de la planta energética. Las tecnologías a desarrollarse y transferirse en la Actividad 1 son HVM-TIDAL01 y HVM-TIDAL02.

La metodología a emplear en la Actividad 2 (OE2-A2) está orientada al cumplimiento de los objetivos propuestos, con el fin de establecer una línea base técnico-económica para la industria de Hidrógeno Verde, en la costa del Pacífico colombiano basada en el desarrollo de sistemas para el tratamiento de agua, la producción de hidrógeno y el aprovechamiento de subproductos. Las tecnologías a desarrollarse y transferirse son HVM-WATER, HVM-H2 y HVM-SALTY.

14.2.1 Actividad 1. (OE2- A1). Desarrollar del aplicativo HVM-MAPS.

- **Responsable:** Universidad del Valle.
- **Resultados de la actividad:** Desarrollo de software.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



- **Medio de verificación:** informe técnico.
- **Componente 3:** Desarrollo Tecnológico e Innovación.

Se desarrollará la aplicación mediante software de código abierto como Python y QGIS, de manera que se pueda instalar y ejecutar por cualquier usuario sin restricción. El HVM – MAPS estará fundamentado por geodatabase con capacidad de gestionar información en diversos formatos, provenientes de imágenes satelitales, resultados de modelación numérica, información levantada en campo e información secundaria de diversas fuentes. La gestión incluirá el tratamiento de datos y la integración de estos para el cálculo de parámetros cuantitativos y cualitativos que orienten a la selección de una zona o lugar. Estos parámetros calificarán una zona o lugar en función de las consideraciones ambientales, sociales, económicas y técnicas que incidirán sobre el desarrollo de una planta HVM. Las evaluaciones finales para la identificación de zonas incluirán salidas como mapas de calor (heatmaps), gráficos estadísticos multivariados,

HVM-MAPS tendrá una guía de instalación, operación, fundamento teórico, y una guía con la descripción de los forzadores (a) físicos: climatología oceánica y atmosférica, corrientes cerca de la costa y niveles de inundación en las zonas estuarinas; (b) ecológicos: tipos de ecosistemas, sus distribuciones en la isla y sus características morfométricas que intervienen en los procesos costeros; y (c) sociales: caracterización demográfica y la distribución espacial de la comunidad y su infraestructura.

14.2.1 Actividad 2. (OE2- A2). Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente.

- **Responsable:** Universidad del Valle, Colturbinas Limitada.
- **Resultados de la actividad:** Desarrollo, construcción e instalación de turbinas de corriente.
- **Medio de verificación:** informe técnico.
- **Componente 3:** Desarrollo Tecnológico e Innovación.

En esta Actividad 1 del Objetivo Específico 2 (OE2-A1) se plantean 3 Fases y una Decisión Final, que permitirán definir la hoja de ruta para la implementación de plantas de energía mareomotriz en el Pacífico colombiano. Las fases se describen a continuación.

Tarea 1 (OE2-A2-T1). FASE 1. Verificación del potencial energético mareomotriz para la instalación del módulo de generación eléctrica (HVM-Tidal).

En esta fase se presentan las actividades que permiten validar los resultados numéricos de las simulaciones. Además, se asegura que el módulo de generación eléctrica (HVM-Tidal) esté dimensionado para las velocidades de flujo (m/s) y densidades (kg/m³) reales del sitio.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Tarea 2 (OE2-A2-T2). FASE 2. Desarrollo de un sistema de conversión de energía mareomotriz en energía eléctrica para alimentar a la planta piloto de hidrógeno verde,

En esta tarea se llevarán a cabo todas las acciones para evaluar un sistema de producción de hidrógeno verde alimentado con energía mareomotriz. Las sub-tareas se describen a continuación.

- Revisión bibliográfica orientada a la implementación eficiente de tecnologías de conversión de energía mareomotriz y actualización en procedimientos de diseño y construcción de máquinas hidráulicas para conversión energética.
- Adecuación de la infraestructura del equipo de investigación IMPETUS INDOMITUS de la Universidad del Valle para desarrollar pruebas de concepto y evaluar prototipos a pequeña escala de máquinas hidráulicas para conversión energética.
- Identificación de propuestas tecnológicas para implementar en la planta de abastecimiento energético.
- Definición de criterios para seleccionar propuestas a explorar, adaptar e implementar.
- Selección de dos propuestas tecnológicas de máquinas hidráulicas para conversión de energía mareomotriz con base en los criterios identificados.
- Dimensionamiento de las propuestas seleccionadas para pruebas de concepto con base en la infraestructura disponible en la Universidad del Valle y en COLTURBINAS.
- Desarrollo de un sistema de monitoreo y control de rotación de las máquinas hidráulicas a escala de laboratorio para registrar el desempeño de las pruebas de concepto.
- Desarrollo de pruebas de concepto experimental a pequeña escala de las dos tecnologías seleccionadas para verificar la viabilidad tecnológica de escalamiento.
- Desarrollo de simulaciones numéricas para registrar potencia mecánica rotacional a partir de la potencia hidráulica disponible de las propuestas dimensionadas.
- Análisis de los resultados de las pruebas de concepto y de las simulaciones numéricas
- Selección de la tecnología a escalar para construcción de prototipo industrial
- Dimensionamiento de una turbina a partir de los resultados obtenidos a escala de prototipo industrial para abastecer la planta de hidrógeno verde
- Diseño del conjunto turbina-generator eléctrico a escala del prototipo industrial destinado a operar en sitio
- Construcción del prototipo industrial (en COLTURBINAS) de la máquina hidráulica para operar en sitio
- Ensamble del conjunto turbina-generator (en COLTURBINAS)
- Desarrollo de un sistema de monitoreo y control de rotación del conjunto turbina-generator a escala industrial (en COLTURBINAS)
- Desarrollo de simulaciones y evaluación de modificaciones en el prototipo industrial de la máquina hidráulica.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Caracterización del desempeño mecánico de la turbina y registro de curvas características del conjunto turbina-generator
- Análisis de resultados de las simulaciones y de la evaluación experimental en el prototipo industrial
- Ejecución de modificaciones para facilitar traslado del conjunto turbina-generator en sitio.
- Traslado del conjunto turbina-Generator de Barranquilla (sede COLTURBINAS) a Buenaventura
- Pruebas en sitio y modificaciones para abastecer de energía a la planta piloto de manera desacoplada
- Acoplamiento con el sistema de respaldo para abastecer de energía a la planta piloto de hidrógeno verde
- Acoplamiento de toda la planta energética con el sistema de respaldo y la planta piloto de hidrógeno verde
- Evaluación en sitio de todo el sistema funcionando y modificaciones para verificar su desempeño operacional de manera continua
- Selección de un sistema de respaldo de energía solar para alimentar la planta de hidrógeno verde
- Ejecución del montaje del sistema de respaldo energético con base en energía solar en sitio
- Pruebas en sitio del funcionamiento del arreglo de paneles solares montado
- Adecuaciones finales para acoplar a la planta del conjunto turbina-generator con el fin de alimentar la planta piloto de hidrógeno.
- Redacción del documento final.
- Redacción de artículos.

Tarea 3 (OE2-A2-T3). FASE 3. Acople de un sistema de respaldo energético con energías renovables para abastecer eléctricamente a la planta piloto de hidrógeno verde.

El acople del sistema de respaldo energético con energías renovables se hará mediante las siguientes sub-tareas:

- Selección de un sistema de respaldo de energía solar para alimentar la planta de hidrógeno verde
- Ejecución del montaje del sistema de respaldo energético con base en energía solar en sitio
- Pruebas en sitio del funcionamiento del arreglo de paneles solares montado
- Adecuaciones finales para acoplar a la planta del conjunto turbina-generator con el fin de alimentar la plantapiloto de hidrógeno
- Redacción del documento final
- Redacción de artículos

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Tarea 4 (OE2-A2-T4). DECISIÓN FINAL.

Esta será la última fase del proyecto en la cual se diseñará la estrategia de implementación de futuras plantas de energía mareomotriz para el Pacífico colombiano, considerando los análisis de prefactibilidad y factibilidad hasta llegar a la decisión final, llegando así a una hoja de ruta técnica para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento de las futuras plantas. La Hoja de ruta considerará las etapas necesarias para el desarrollo de proyectos de energía mareomotriz según los lineamientos *Guidelines for Project Development in the Marine Energy Industry* del EMEC.

Cada una de las etapas son descritas conceptualmente en el marco teórico de la presente propuesta y se presentan a continuación:

- Etapa preliminar o etapa cero: estrategia de desarrollo del proyecto.
- Etapa 1-Evaluación Del Sitio
- Etapa 2- viabilidad del proyecto.
- Etapa 3- diseño y desarrollo del proyecto.
- Etapa 4- proyecto de fabricación e instalación.
- Etapa 5- operación y mantenimiento.
- Etapa 6 – Desmantelamiento

Los detalles conceptuales de las anteriores etapas se presentan en el marco teórico de la presente propuesta de investigación.

14.2.2 Actividad 3. (OE2- A3). Desarrollar tecnologías de producción de hidrógeno verde.

- **Responsable:** Universidad del Valle, Fundación Universidad de América.
- **Resultados de la actividad:** Desarrollo y construcción de planta HVM.
- **Medio de verificación:** 02 prototipos desarrollados.
- **Componente 3:** Desarrollo Tecnológico e Innovación.

En esta actividad se desarrollan todas las acciones para concepción, diseño, y puesta en marcha de un sistema de producción de hidrógeno. Las tareas se presentan a continuación.

Tarea 1 (OE2-A3-T1). Fase inicial para preparación de la información.

- Elaborar un plan donde están descritas todas las fechas para ejecución de actividades durante el proyecto junto con el responsable de cada actividad.
- Identificar los riesgos potenciales en el desarrollo experimental y computacional, así como sus acciones de corrección.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



- Revisar los adelantos científicos en el diseño y operación de los sistemas electroquímicos usados en la Industria del Hidrógeno Verde: Electrodiálisis, Electrólisis del agua y Electrólisis de la salmuera.

Tarea 2 (OE2-A3-T2). FASE 2. Evaluación de la viabilidad técnica.

En esta fase se desarrollan todas las sub-tareas relacionadas con los estudios de viabilidad técnica de los sistemas electroquímicos en etapa de desarrollo tecnológico. Esto incluye el análisis de eficiencia energética y de producción, la determinación de las condiciones operativas y técnicas de los sistemas electroquímicos acoplados a escala piloto, utilizando datos experimentales y algoritmos de optimización, así como el análisis económico para evaluar su potencial comercial. Además, se realiza un análisis de costo-beneficio para examinar la viabilidad de los sistemas electroquímicos aplicados al tratamiento de agua, la producción de hidrógeno verde y el aprovechamiento de subproductos en sistemas de energía mareomotriz. Las sub-tareas se describen a continuación:

- Evaluar la posibilidad de protección de PI resultante, así como definir la co-titularidad y participación.
- Especificar las condiciones técnicas y operaciones del sistema de desalinización de agua (pretratamiento y tratamiento por electrodiálisis)
- Especificar las condiciones técnicas y operaciones del sistema de aprovechamiento de salmuera para producción de hipoclorito
- Especificar las condiciones técnicas y operaciones del sistema industrial de producción de hidrógeno de la empresa RIOT
- Especificar las condiciones técnicas y operaciones del sistema de electrólisis de agua para producción de hidrógeno.
- Revisar alternativas para el aprovechamiento del oxígeno generado en la producción de hidrógeno.
- Sintetizar membranas con diferentes formulaciones de polímeros conductores.
- Caracterizar las membranas mediante el estudio de las siguientes propiedades: capacidad de intercambio iónico, potencial y conductividad de la membrana, permselectividad y resistencia mecánica, porosidad.
- Determinar la eficiencia de desalinización de aguas y el requerimiento energético del sistema de electrodiálisis para las distintas formulaciones de membranas.
- Determinar el nivel de madurez tecnológica (TRL) para sistemas de separación de hidrógeno producido por electrólisis del agua
- Determinar criterios y subcriterios para el diseño a escala piloto de los sistemas de separación de hidrógeno producido por electrólisis del agua
- Realizar el análisis multicriterio para la selección del sistema de separación de hidrógeno producido por electrólisis del agua

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Sintetizar membranas con diferentes formulaciones para la separación de hidrógeno producido por electrólisis del agua
- Caracterizar las membranas mediante el estudio de por lo menos las siguientes propiedades: permeseletividad, resistencia mecánica, porosidad.
- Acoplar el sistema de separación de hidrógeno con el reactor de electrólisis de agua.
- Determinar condiciones de operación a escala piloto del sistema de separación de hidrógeno producido por electrólisis del agua.
- Determinar la eficiencia de producción de hidrógeno y los requerimientos energéticos del sistema de electrólisis acoplado al sistema de separación de hidrógeno a escala Piloto.
- Desarrollar un algoritmo de optimización para minimizar los consumos energéticos y maximizar las eficiencias del sistema de desalinización y de producción de hidrógeno.
- Construir un prototipo para producción de hipoclorito a partir de salmuera, de acuerdo con la necesidad del acople de los equipos de desalinización.
- Evaluar el consumo energético y la concentración de producción de hipoclorito a partir del contenido de las salmueras producidas en la fase de desalinización
- Implementar el algoritmo de optimización para definir las condiciones operacionales del sistema de desalinización y de producción de hidrógeno.
- Acoplar todos los componentes de la producción de hidrógeno (desalinización, tratamiento de subproductos y producción de hidrógeno) con los sistemas de producción de energía mareomotriz.
- Diseñar el sistema de control del sistema acoplado para la producción de Hidrógeno Verde mareomotriz
- Implementar el sistema de control del sistema de producción de hidrógeno verde mareomotriz
- Determinar los costos asociados con la implementación y operación del sistema de producción de hidrógeno mareomotriz
- Evaluar los beneficios económicos derivados de la implementación del sistema acoplado de hidrógeno verde mareomotriz
- Calcular indicadores financieros como el periodo de recuperación de la inversión, el retorno de la inversión (ROI), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) del sistema acoplado de hidrógeno verde mareomotriz.
- Identificar posibles riesgos asociados con la implementación del sistema de producción de hidrógeno verde mareomotriz.

Tarea 3 (OE2-A3-T3). FASE 3. Elaboración de Documentación y Entregables.

En esta etapa se consolida toda la información y se analizan los resultados de los estudios realizados en las etapas previas. Se elaboran los documentos que soportan el proyecto, incluyendo elaboración de artículos y participación en eventos académicos.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



14.3. Objetivo 3: Construir una estrategia de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales de 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

Línea Temática. Nuevas tecnologías emergentes.

Sub-línea temática: Desarrollo y aplicaciones de Tecnologías para la generación de Hidrógeno verde y azul, optimizando la producción, almacenamiento y regulación para transporte e industria.

El desarrollo de este objetivo se orienta a desarrollar estrategias de apoyo financiero y sostenibilidad desde la aprobación del conocimiento que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso de las FNCER y faciliten la transición energética justa en los sistemas productivos rurales de las comunidades. Para lograr el cumplimiento del objetivo, se han definido tres actividades principales y varias tareas que se presentan a continuación.

Escenario de Colaboración: "Laboratorio Territorial de Innovación Energética HVM"

El escenario de colaboración se define como un entorno de co-creación e intercambio de saberes de carácter itinerante, diseñado para integrar la alta ingeniería con el contexto territorial. Este escenario permitirá la articulación de la asociación de la siguiente manera:

- **Interacción Académico-Técnica:** Investigadores presentarán prototipos traduciendo el conocimiento técnico en lenguaje accesible para la comunidad.
- **Diálogo Institucional y Financiero:** Universidad del Valle, Conservamos, IPSE y la Gobernación de Nariño utilizarán este escenario para asesorar a los Consejos Comunitarios en la estructuración de modelos de negocio, gestión de fondos y marcos normativos para la sostenibilidad de las plantas piloto.
- **Validación Comunitaria:** Los Consejos Comunitarios de Bajo Mira y Frontera (Nariño) y Río Naya (Valle) aportarán su conocimiento empírico sobre las dinámicas del recurso oceánico y las necesidades de sus sistemas productivos, asegurando que la tecnología sea socialmente aceptada y operativamente viable.
- **Gobernanza de la Alianza:** Bajo la coordinación de la Universidad del Valle y Conservamos, el Laboratorio Territorial funcionará como el espacio de veeduría donde se socializarán los informes de avance y se tomarán decisiones conjuntas sobre la ubicación y el manejo de la infraestructura resultante.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

14.3.1 Actividad 1 (OE3-A1). Diseñar e implementar de una red de apropiación del conocimiento e intercambio de experiencias que habilite el acceso a energías renovables para el sector productivo de 2 comunidades de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

- **Responsable:** Universidad del Valle, CONSERVAMOS SAS, Comunidades, Instituto De Planificación Y Promoción De Soluciones Energéticas Para Zonas No Interconectadas – IPSE, Gobernación de Nariño.
- **Resultados de la actividad:** Informe técnico.
- **Medio de verificación:** 01 documento digital e impreso.
- **Componente 2:** Apropiación Social del Conocimiento y Divulgación Pública de la Ciencia.

A partir de la caracterización preliminar de algunas asociaciones productivas rurales en el municipio de Buenaventura realizada por Conservamos SAS se realiza un análisis de barreras tecnológico-ambientales; socio territoriales y financieras que se pueden abordar desde el fortalecimiento de capacidades. Seguidamente se inicia un acercamiento con las asociaciones para el diseño del pensum y herramientas metodológicas con el que se busca precisar los temas de formación sobre gobernanza, gestión –administración y temas técnicos de transición para sistemas productivos.

El diseño del esquema de formación tendrá en cuenta enfoques de construcción de conocimiento diferentes a los esquemas tradicionales, se ubicarán casos de éxito en los temas identificados con las asociaciones que permitan un intercambio de experiencias para analizar los aspectos replicables de dichas experiencias en la resolución de situaciones similares.

Se llevará a cabo exposiciones magistrales dictadas en lo posible por profesionales y/o docentes expertos quienes complementarán y fortalecerán conceptos abordados desde los casos de éxito.

Desde lo técnico, esta actividad deberá orientarse hacia la identificación de aspectos logísticos, de personal y según el contexto de la cadena productiva, estos temas pueden abordar aspectos como requerimientos de energía para el procesamiento, refrigeración, empaquetado, etc. Se diseñará material de apoyo con lenguaje gráfico sencillo para facilitar y promover habilidades comunicativas entre replicadores. En lo posible, los temas de mantenimiento y monitoreo se realizarán en talleres de entrenamiento prácticos en los sitios donde se implementen los tres pilotos de sistemas energéticos.

Se buscará la posibilidad de certificar el personal delegado para estas capacitaciones, los talleres y charlas magistrales serán en los temas identificados. Al final, los asistentes deberán validar el proceso a través de un informe y plan de trabajo para replicar lo aprendido con sus respectivas asociaciones. Del total de horas diseñadas por temática se entregará un certificado de asistencia de la capacitación.

Tarea 1 (OE3-A1-T1). Crear un ecosistema de intercambio de saberes de CTel en torno a la transición energética justa en sistemas productivos rurales del distrito de Buenaventura. Descripción: En esta actividad se creará un entorno para promover y facilitar el intercambio de conocimientos, tecnologías e innovaciones con diferentes

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



actores como empresas, comunidad científica, gobierno y la sociedad en general. Se abordarán temas relacionados con:

Disposición de sistemas energéticos en zonas no interconectadas.
Tendencias nacionales en temas relacionados con transición energética.
Diseño de propuestas conjuntas para fortalecer la apropiación social del conocimiento.
Gestión y propuestas para el desarrollo de políticas públicas.

Subtareas:

Realización de mesas dialógicas: se realizará 1 mesa dialógica para el diagnóstico sobre necesidades y problemas entorno a transición energética y aprovechamiento de los recursos naturales para generación de energía, 2 mesas dialógicas en la implementación de las estrategias ASC en las comunidades afectadas por el proyecto y 1 mesa dialógica para procesos de cierre y socialización de resultados.

Realización de reuniones para la definición y discusión de temas estratégicos para el avance implementación de tecnologías para la producción de energía en sistemas productivos rurales del distrito de Buenaventura.

14.3.2 **Actividad 2 (A2-OE3). Diseñar e implementar de un piloto de mecanismo financiero solidario que permita desde la gobernanza energética que los sistemas productivos de las comunidades accedan en red a las FNCER.**

- **Responsable:** Universidad del Valle, CONSERVAMOS SAS, Comunidades, Instituto De Planificación Y Promoción De Soluciones Energéticas Para Zonas No Interconectadas – IPSE, Gobernación de Nariño.
- **Resultados de la actividad:** Eventos científicos con componente de apropiación, i.e foros consultivos participativos regionales desarrollados.
- **Medio de verificación:** listados de asistencia, Registro fotográfico, Informe final evento.
- **Componente 2:** Apropiación Social del Conocimiento y Divulgación Pública de la Ciencia.

La caracterización realizada en la Actividad 1 y la revisión del estado del arte realizado por Conservamos SAS permite realizar un diagnóstico de las posibles herramientas financieras solidarias que pueden ser replicables según el contexto de las asociaciones productivas rurales del municipio de Buenaventura, el abordaje de las categorías analíticas predominantes debe tener en cuenta enfoques como; responsabilidad, solidaridad, cooperación, colectividad, fondo rotatorio o mutual, cooperativas energéticas, fondos de inversión, democratización de las inversiones, entre otros.

Las asociaciones implicadas en el proceso deben conocer a través de las capacitaciones de la Actividad 1 que las comunidades energéticas incluyen no solo grupos de propietarios focalizados con techo solar, sino grupos dispersos miembros de una red o cooperativa de energía que comparten acciones con apoyo externo o autogestionado, para alimentar los equipos requeridos en sus sistemas productivos. Para ello se seleccionará en el marco de los casos de éxito para el intercambio de experiencias, casos que cuenten con modelos de economía solidaria y/o autogestionada con posibilidades de réplica o adaptación al contexto del pacífico colombiano.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



A partir de un análisis crítico de las situaciones y realidades de los casos piloto se evaluará y seleccionará la herramienta financiera solidaria más viable para el contexto territorial. Este proceso se desarrollará y diseñará de manera consecutiva con el fortalecimiento de capacidades y con tres talleres específicos para estructurar una herramienta financiera solidaria para la sostenibilidad de los sistemas productivos desde el autoabastecimiento energético.

La implementación de la herramienta financiera se podrá monitorear a partir del tercer año del proyecto dado que se encuentra vinculada con la implementación del sistema energético de la Actividad 3 y por ello posibilitará que los recursos invertidos externos por parte de este proyecto generen una tasa de retorno inmediata además de la reducción de costos por pago de servicios de energía de la red eléctrica convencional y una optimización de los procesos de la cadena productiva. Los indicadores de monitoreo se diseñarán en términos socioeconómicos teniendo en cuenta la línea de base financiera de las asociaciones que deberán tener personería jurídica, libros contables y seguimiento a su productividad.

14.3.3 **Actividad 3 (A3-OE3). Implementar de 2 sistemas energéticos FNCER para la generación de valor agregado en tres cadenas productivas de las 2 comunidades.**

- **Responsable:** Universidad del Valle, CONSERVAMOS SAS, Comunidades, Instituto De Planificación Y Promoción De Soluciones Energéticas Para Zonas No Interconectadas – IPSE, Gobernación de Nariño.
- **Resultados de la actividad:** ecosistema de intercambio de saberes de CTel en torno a la transición energética y al aprovechamiento de los recursos naturales para la producción de energía.
- **Medio de verificación:** 01 documento digital e impreso.
- **Componente 2:** Apropiación Social del Conocimiento y Divulgación Pública de la Ciencia.

Los 2 pilotos de implementación de sistemas energéticos FNCER para las comunidades estarán seleccionados desde el inicio del proceso. Esto con el fin de realizar una intervención integral que permita una construcción colectiva, coherente y apropiada para cada contexto.

El proceso inicia con las visitas técnicas de diagnóstico y dimensionamiento de las soluciones energéticas requeridas de los tres sistemas productivos seleccionados, en esta se verificará el tipo de sistema productivo, el tipo de equipos involucrados en la cadena productiva, los consumos energéticos de los equipos, las conexiones a red eléctrica convencional, capacidad operativa de la asociación.

Seguidamente se procede con el diseño de la solución energética más adecuada para cada sistema productivo. Para ello se deberá tener en cuenta además de los aspectos tecnológicos; la logística de instalación que, en la mayoría de los casos dadas las características del área geográfica, debe hacerse por vía fluvial y/o marítima. De acuerdo a la solución energética seleccionada se diseñará los contenidos y materiales del componente de fortalecimiento de capacidades de la Actividad 1 la cual deberá estar en consonancia con los requerimientos de planeación presupuestal, instalación, funcionamiento, consecución de consumibles, mantenimiento y monitoreo de los elementos de la solución.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La implementación e instalación de equipos se realizará en sincronía con la etapa de talleres de entrenamiento prácticos en los sitios donde se implementen los tres pilotos de sistemas energéticos, procurando que la asistencia a los mismos corresponda con el personal seleccionado para la temática técnica del fortalecimiento de capacidades. A partir del tercer año se empezará el monitoreo de la solución energética. Los indicadores a seleccionar corresponden a la línea de base de consumo energético de los equipos involucrados del sistema productivo y otros señalados por el diseñador.

Tarea 1 (OE3-A3-T1). Realizar foros consultivos regionales acerca de transición energética en sistemas productivos rurales.

Con el propósito de establecer un acercamiento con la comunidad, se llevará a cabo foros consultivos en espacios de encuentro, físicos y/o virtuales, donde diversos participantes podrán intercambiar opiniones, plantear preguntas sobre transición energética justa, así como compartir habilidades, experiencias o respuestas, generando así nuevo conocimiento. Esta actividad se desarrollará mediante el diálogo de saberes entre la academia, la comunidad y las empresas productivas y el Estado. Esta actividad está en línea con el principio de conocimiento en el contexto que hace parte de la ASC establecido en la política pública de ASC 2021.

Subtareas:

- Creación participativa de una lista de temáticas generales de discusión alrededor de las demandas y necesidades territoriales como ejes de los foros regionales, acompañado de un listado de preguntas orientadoras de las discusiones.
- Realización de encuestas a la población objeto en temas transición energética justa
- Ejecución de un foro por cada comunidad donde participen docentes, estudiantes y comunidad representativa. Sistematización y análisis de la información recopilada a partir de herramienta diseñada previa al evento.

Tarea 2 (OE3-A3-T2). Desarrollar eventos de divulgación para la validación de los resultados finales del proyecto

Esta tarea permitirá obtener reflexiones de los diferentes grupos de actores involucrados en la implementación como insumo para investigaciones o interacciones futuras. Se hará la planeación y desarrollo de 1 evento de divulgación en la Universidad del Valle.

14.3.4 Actividad 4. (OE3-A4). Movilizar investigadores, estudiantes, jóvenes investigadores y perfiles energéticos.

- **Responsable:** Universidad Del Valle.
- **Resultados de la actividad:** Informe.
- **Medio de verificación:** Acta de revisión y aprobación de informe por parte del comité científico.
- **Componente 4:** Movilidad académica nacional.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

La movilidad en este proyecto se concibe como el motor de la articulación técnica y social, permitiendo que la experticia científica de las universidades se traduzca en soluciones reales para las comunidades energéticas del Pacífico.

Plan de Transferencia de Conocimientos y Actividades Principales.

El plan de transferencia se estructura en tres niveles de interacción, asegurando la coherencia con los objetivos propuestos:

- Transferencia Técnico-Científica (OE1 y OE2): Estancias de investigación y campañas de campo para el intercambio de protocolos de modelación (CFD) y diseño de turbomaquinaria entre Univalle, UNAL, U. de América y Colturbinas.
- Transferencia Internacional (OE2): Estancia técnica en Brasil enfocada en la síntesis de membranas para el tratamiento de agua y separación de hidrógeno (\$H_2\$), asegurando la incorporación de tecnologías de frontera en el proyecto.
- Transferencia Territorial (OE3): Jornadas de socialización técnica con los Consejos Comunitarios y las Gobernaciones, donde se entregarán manuales de operación y protocolos de gobernanza para las plantas HVM.

A continuación, se relacionan las movilidades de los participantes.

Tabla 23. Matriz de Movilidad: Perfiles, Origen y Destino

Perfil de los Participantes	Entidad y Origen	Entidad y Destino	Duración Prevista	Relación con Objetivos
Investigadores Senior y Estudiantes de Doctorado	Universidad del Valle (Cali)	Comunidades de Tumaco y Buenaventura	5 a 8 días por campaña (Total: 40 viajes)	OE1 / OE2
Estudiante de Doctorado	Universidad del Valle (Cali)	Centro de Excelencia en Brasil	1 mes (Pasantía de investigación)	OE2
Investigadores y Jóvenes Investigadores	Universidad de América (Bogotá)	Universidad del Valle (Cali)	3 a 5 días por estancia (Total: 10 viajes)	OE2
Líderes de Componente y Líder de ASC	Universidad del Valle / Conservamos SAS	Consejos Comunitarios (Nariño y Valle)	3 días por jornada (Total: 4 viajes)	OE3

Perfiles Detallados de los Participantes.

Las movilidades serán ejecutadas por personal calificado para garantizar la calidad de los productos:

- Investigadores Principales y Coinvestigadores: Doctores con categoría Senior y Asociados ante Minciencias, responsables de la ejecución técnica.
- Estudiantes de Doctorado y Maestría: Encargados de la recolección de datos primarios (batimetría y variables oceanográficas) y la implementación de las plantas piloto.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



- Jóvenes Investigadores y Estudiantes de Pregrado: Apoyo en las actividades de Apropiación Social del Conocimiento (ASC) y monitoreo técnico de baja complejidad.
- Perfiles Energéticos: Técnicos y expertos en turbomaquinaria encargados del montaje y puesta a punto de los prototipos HVM.

Presentación de Informes y Productos de Generación de Nuevo Conocimiento.

Cada movilidad generará evidencias trazables que alimentarán los indicadores de conocimiento del proyecto:

- Informes Técnicos de Campo: Reportes detallados sobre las mediciones meteoceánicas y el rendimiento de las plantas piloto (OE1 y OE2).
- Capítulos de Tesis: Los estudiantes de maestría y doctorado integrarán los resultados de las movilidades en sus trabajos de grado (formación de talento humano).
- Artículos Científicos: Al menos 2 artículos en revistas indexadas derivados de la colaboración nacional e internacional.
- Memorias de Talleres de ASC: Documentación de la transferencia efectiva de conocimientos a los Consejos Comunitarios de Bajo Mira y Frontera y Río Naya.

14.3.5 Actividad 5. (OE3-A5). Ejecutar el plan de compra de equipos y software.

- **Responsable:** Universidad Del Valle.
- **Resultados de la actividad:** Informe.
- **Medio de verificación:** Acta de revisión y aprobación de informe por parte del comité científico.

Esta actividad se desarrollará bajo los lineamientos del modelo de gobernanza establecido en la carta de aval y bajo la estrategia que diseñará el equipo administrativo y financiero de la alianza para apoyar el desarrollo de objetivos del proyecto según el cronograma.

14.3.6 Actividad 6. (OE3-A6). Apropiar los equipos adquiridos como un elemento para científica y productiva de la I+D+i.

- **Responsable:** Universidad Del Valle.
- **Resultados de la actividad:** Informe.
- **Medio de verificación:** Acta de revisión y aprobación de informe por parte del comité científico.

Esta actividad se desarrollará según el Plan de Fortalecimiento de los laboratorios: Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica - Universidad del Valle el cual se describe a continuación.

Plan de Fortalecimiento del Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica - Universidad del Valle

La misión del Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica - LMF e H, adscrito al Área de Ingeniería Agrícola y Recursos Hídricos de la Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente -EIDENAR, es contribuir al fortalecimiento de la enseñanza de la Mecánica de Fluidos e Hidráulica, desarrollando actividades de

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



investigación básica y aplicada y extensión en estos temas. En los aspectos de docencia el laboratorio cuenta con espacio y equipos especializados para cumplir la misión de formar académicamente a los estudiantes en el área de Mecánica de Fluidos e Hidráulica a través de la realización de una serie de prácticas de experimentación. En la investigación se apoyan los trabajos de tesis de grado tanto en pregrado como de posgrado, al igual que se plantean y realizan proyectos de investigación en aspectos de importancia para la región y el país, desde el punto de vista aprovechamiento del recurso hídrico empleando la modelación hidráulica a escala, la simulación numérica empleando modelos matemáticos en ríos, estuarios y lagos, al igual que la simulación computacional de fluidos (CFD) en turbo maquinarias. En cuanto a la extensión se pueden realizar las siguientes labores para la comunidad en general: Verificación de ecuación de micro molinetes, Aforos Líquidos en Cauces Naturales, Batimetrías en Ríos, Lagos, estuarios y Zonas Costeras, medición de sedimentos en suspensión y de fondo, modelación hidráulica a escala de sistemas hídricos y estructuras hidráulicas, Pruebas de falla por Presión sostenida en tuberías y mangueras, etc.

Desde los años 70 el laboratorio funcionaba en el primer piso de los edificios E39 (antiguo edificio 344) y E37 (antiguo edificio 341). El laboratorio prestó servicios de extensión entre los que se destacan los proyectos de modelación de estructuras y trabajo de campo en hidráulica fluvial en los embalses de Salvajina, Urra y Calima III, lo cual obligo que en la década del 80 se construye el laboratorio en el edificio B15 (Antiguo edificio 360) con un área aproximada de 1000 m². En el espacio disponible se construyen diferentes modelos hidráulicos a escala y otras estructuras hidráulicas que se instalan y acoplan en dos canales de flujo a superficie libre, uno de pendiente variable y otro de pendiente horizontal. También se dispone de un canal de pendiente variable de 7.3 cm de ancho y 5 m de largo marca Armfield, en el cual los estudiantes pueden visualizar el comportamiento de flujo al instalar diferentes estructuras hidráulicas en el canal. El laboratorio tiene a disposición otros equipos necesarios para la realización de las prácticas de pregrado y posgrado, equipo para el aforo de tuberías a presión, viscosímetros, bancos de bombas, turbinas hidráulicas, equipos para el estudio de los procesos hidrológicos del flujo moviéndose en el subsuelo, micro molinete, velocímetro 3D Doppler. También se cuenta con un espacio para taller para la construcción de equipos y modelos hidráulicos a escala con las herramientas necesarias para desarrollar este tipo de actividad. Se dispone de un área como aula, para una capacidad de 25 estudiantes, para impartir las asignaturas de practica correspondiente a la Mecánica de Fluidos e Hidráulica.

Ubicación: Edificio B15, Espacio 1000 y 1001

No. Creación: No. 330 del 19 de julio de 2022

PDF Creación: [Descargar](#)

Coordinador: Juan Gabriel Rueda Bayona

Persona(s) de Contacto: : Juan Gabriel Rueda Bayona

Correos de Contacto: laboratorio.mfyh@correounivalle.edu.co

Creado el: 02 de febrero del 1970

En Sigelab® desde: 17/05/2022

Escuela: Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente - EIDENAR

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 143 de 221



Programa Académico: Ingeniería Agrícola (3745), Ingeniería Sanitaria y Ambiental (3754), Ingeniería Civil (3747), Ingeniería Mecánica (3748), Tecnología en manejo y conservación de suelo y aguas (2713), Tecnología en ecología y manejo ambiental (2715), Ingeniería Industrial(3751)

Lineas de investigación: Modelos hidráulicos e hidrodinámicos a escala, Mecánica de Fluidos e Hidráulica aplicada, Hidráulica Fluvial, Hidráulica costero - marítima, Obras hidráulicas en canales artificiales y naturales.

Página web: [Visitar](#)

1. Plan Estratégico a 5 años (2024-2029)

Objetivo General:

Fortalecer el Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica de la Universidad del Valle mediante la dotación de equipos avanzados y personal especializado para mejorar la capacidad de investigación, docencia y prestación de servicios externos. Esto contribuirá al desarrollo de la competitividad regional en el campo de la hidrología e hidráulica.

Objetivos Específicos:

- Dotar al laboratorio con equipos de última tecnología para medir y analizar características físicas de cuerpos de agua (ríos, costas, estuarios) y variables meteorológicas.
- Fortalecer las capacidades de docencia, investigación y prestación de servicios del laboratorio.
- Promover la competitividad y productividad regional a través de la vinculación de actores internos y externos en proyectos de investigación y consultoría.
- Garantizar la sostenibilidad operativa del laboratorio mediante una estructura eficiente de gestión, mantenimiento y calidad.

2. Plan de Negocios y Servicios

Estudio de Oferta y Demanda:

Oferta de Servicios: El laboratorio ofrecerá servicios técnicos para la caracterización de cuerpos de agua y sistemas hidrológicos, incluyendo:

- Batimetría: Análisis de profundidad y geomorfología de ríos y estuarios.
- Medición de variables físico-químicas: Temperatura, turbidez, salinidad, oxígeno disuelto, conductividad.
- Medición de corrientes y olas: A través de perfiladores ADCP y drones batimétricos.
- Medición de niveles de agua: Mareógrafos y sensores para el monitoreo del nivel del mar y caudales fluviales.

Demanda de Servicios: Los principales usuarios potenciales son:

- Empresas del sector energético (Celsia, Emcali) interesadas en estudios de embalses y corrientes.
- Corporaciones ambientales (CVC, Parques Naturales, entre otras) que requieren estudios hidrológicos.
- Instituciones académicas y centros de investigación con necesidades de soporte técnico para proyectos de ciencias del agua.

Proyección de Ingresos y Egresos:

- Ingreso por servicios: Se estima un promedio anual de \$400 millones, con un servicio de caracterización de ríos valorado en \$120 millones.
- Egresos proyectados: El costo de mantenimiento anual de los equipos (10% del costo total del equipo) y la capacitación del personal.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

3. Equipos que fortalecerán al Laboratorio en el marco de este proyecto:

El equipamiento incluye tecnologías avanzadas para medición en campo y laboratorio. Estos equipos fortalecerán la capacidad técnica del laboratorio y su alineación con los principios de competencia y complementariedad de la OCDE para la operación de infraestructuras de investigación:

- Perfilador CTD: Sensor de temperatura, equipo para profundidades de hasta 200 m.
- Perfilador de corrientes y olas: Para medir perfiles de corriente, velocidad vertical, altura y dirección de olas.
- Estación meteorológica automática: Capaz de medir temperatura, radiación solar, precipitación y humedad.
- ADCP: Perfilador de corrientes móviles para ríos y estuarios de poca profundidad.
- Drone batimétrico: Con ecosonda integrada, radar sónico y cámara 360° para operaciones autónomas.
- Velocímetro ADV.

Justificación de Equipos: La adquisición de estos equipos permitirá realizar investigaciones avanzadas en hidrología, apoyo a la transición energética (energía mareomotriz), y responderá a las necesidades regionales de monitoreo y conservación de recursos hídricos.

Los equipos comprados serán esenciales para llevar a cabo estudios avanzados de caracterización de las condiciones físicas y ambientales de las zonas costeras y marítimas, las cuales son fundamentales para la identificación de sitios óptimos para la **generación de energía mareomotriz** y la captación de agua para la **producción de hidrógeno verde**.

- **Perfilador CTD (Conductividad, Temperatura, Profundidad):** Permitirá la evaluación de las características físico-químicas del agua en las áreas de estudio, proporcionando datos precisos sobre la temperatura y la salinidad, que son variables clave en la planificación de sistemas mareomotrices y la producción de hidrógeno. Estos parámetros son críticos para evaluar la viabilidad de las tecnologías de generación eléctrica en ambientes marinos.
- **Perfilador de corrientes y olas:** Será utilizado para medir las corrientes marinas y las olas, que son esenciales para determinar el potencial energético de las corrientes y mareas en las zonas seleccionadas. Este equipo puede capturar perfiles de velocidad de las corrientes, así como la altura y dirección de las olas, lo que permite identificar las mejores ubicaciones para la instalación de las turbinas.
- **Estación meteorológica automática:** Este equipo monitoreará variables atmosféricas clave como la temperatura, la radiación solar, la precipitación y la humedad, proporcionando datos adicionales que influirán en la evaluación de las condiciones climáticas y su impacto en los sistemas de generación energética. La integración de datos atmosféricos con los análisis marinos permitirá una visión holística del entorno para el desarrollo de tecnologías sostenibles.
- **ADCP y ADV:** Este perfilador de corrientes y velocímetro serán clave para medir el comportamiento de las corrientes en ríos y estuarios en las zonas de estudio, lo que ayudará a entender el potencial de los cuerpos de agua fluviales y estuarinos para la captación de energía a través de turbinas. Además, el equipo permitirá la creación de modelos hidrodinámicos que optimicen el diseño y la ubicación de estas turbinas en ríos y costas.
- **Drone batimétrico:** Este dron permitirá realizar mapas detallados de la batimetría de las áreas de interés, lo que facilitará el diseño y la planificación de instalaciones mareomotrices. La integración de una

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



ecosonda de alto rendimiento y sistemas GNSS proporcionará precisión en la medición de profundidades y georreferenciación en zonas complejas de difícil acceso. Este tipo de información es esencial para evaluar las mejores ubicaciones y asegurar la eficiencia en el diseño de los sistemas de captación de energía y agua.

4. Estructura Organizacional y Talento Humano

Organigrama Propuesto:

- Director del Laboratorio: Responsable de la administración general, gestión de proyectos y relaciones externas.
- Coordinador de Equipos y Mantenimiento: A cargo del uso y mantenimiento de los equipos adquiridos.
- Especialistas Técnicos en Hidrología e Hidráulica: Profesionales capacitados para la operación de los equipos y el análisis de datos.
- Personal Administrativo y de Apoyo: Encargados de la gestión logística y financiera del laboratorio.

Plan de Capacitación:

- Capacitación técnica en operación y mantenimiento de los equipos.
- Cursos de actualización en tecnologías emergentes para hidrografía y mediciones meteorológicas.
- Formación continua en normas de calidad y certificaciones internacionales.
-

5. Portafolio de Programas y Proyectos

El laboratorio participará en proyectos de investigación orientados a la competitividad regional, tales como:

- Monitoreo y modelación de sistemas hídricos en el Pacífico Colombiano.
- Estudios de impacto ambiental en cuerpos de agua para proyectos de infraestructura y energía.
- Investigación en energías renovables, especialmente en el ámbito de energía mareomotriz.

Proyectos a futuro:

- Desarrollo de modelos hidrodinámicos para la gestión de cuencas hidrográficas.
- Innovaciones tecnológicas en la medición de corrientes y análisis de calidad del agua para entidades gubernamentales y privadas.

6. Plan de Mantenimiento y Calidad

Los equipos tendrán un plan de mantenimiento anual que incluye revisiones de componentes electrónicos, calibración de sensores y reparación de piezas. Se estima un costo de mantenimiento del 10% del valor de cada equipo.

Procesos de Calidad:

La Universidad del Valle cuenta con la Política Institucional de Laboratorios desde 2020 la cual define como el conjunto de reglas mínimas que garanticen el funcionamiento integrado de los laboratorios dentro de un mismo Sistema Institucional Integrado de Laboratorios (SIILUV). (Ver [POLÍTICA INSTITUCIONAL DE LABORATORIOS](#) - Resolución No. 067 de 23 de septiembre de 2020). El Laboratorio de Mecánica de Fluidos e Hidráulica hace parte del Sistema Institucional Integrado de Laboratorios (SIIL) el cual ha desarrollado una serie de procedimientos y herramientas para la gestión y fortalecimiento de la calidad basado en la norma ISO 9001 para los laboratorios (Ver <https://dlab.univalle.edu.co/caja-de-herramientas-de-calidad>). El Laboratorio está integrado con la herramienta de seguimiento de la NTC ISO 9001:2015 para los Laboratorios de la Universidad del Valle ([Descargar acá](#))

7. Pertinencia de la Inversión en Energía Mareomotriz

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



El laboratorio contribuirá a proyectos de transición energética en el Valle del Cauca y la región del Pacífico, a través de la investigación en energía mareomotriz. El estudio y modelado de corrientes marinas y mareas será fundamental para explorar la viabilidad de proyectos energéticos sostenibles.

8. Capacidades en Ciencia y Tecnología para el Valle del Cauca y el Pacífico Colombiano

El fortalecimiento del laboratorio permitirá el desarrollo de capacidades tecnológicas avanzadas en hidrología, hidráulica y ciencias del agua, facilitando el desarrollo de proyectos innovadores en sostenibilidad y gestión de recursos naturales en la región del Pacífico colombiano.

Plan de Sostenimiento y uso de infraestructura para un equipo electroquímico para el laboratorio de investigación en procesos químicos y biológicos

El laboratorio de investigación en procesos químicos y biológicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle apoya la investigación en pregrado, posgrado y proyectos de investigación en cuatro líneas de trabajo: tecnología del carbón, fisicoquímica de materiales y nanomateriales, procesos químicos y biológicos aplicados y procesos avanzados de oxidación y catálisis. En el espacio del laboratorio de Ciencia y Tecnología del Carbón se estudian alternativas de beneficio de carbones, combustión y licuefacción de carbones. En el espacio del laboratorio de Fisicoquímica de Bio y Nanomateriales se realiza investigación en electroquímica básica y aplicada, fuentes alternativas de energía, materiales para celdas de combustible, materiales y procesos para tratamientos en salud. En el laboratorio de procesos químicos y biológicos aplicados se realiza investigación en procesos biológicos avanzados para la producción de metabolitos de interés, valorización de materias primas y residuos, producción de biocombustibles y materiales biobasados. En el espacio del laboratorio de catálisis se aplican los fenómenos químicos, físicos y biológicos de transformación, se realiza investigación aplicada en ingeniería de procesos electroquímicos y procesos avanzados de oxidación (Electro-oxidación, electrocuagulación, fentón, foto-fentón, fotocatalisis, ozonización) y se propende por la transferencia de tecnología a las industrias, empresas públicas y pequeñas comunidades.

El laboratorio de investigación en procesos químicos y biológicos se creó en octubre de 2013 por la fusión de cuatro laboratorios: Catálisis, Carbones, Nanomateriales y Biocombustibles. Luego la creación del laboratorio se oficializó a través de la resolución número 040 del 8 de abril de 2014.

Ubicación: Edificio E29. Espacios: 2001-2002-2004-2005

No. Creación: 526 del 6 de diciembre de 2022

PDF Creación: [Descargar](#)

Coordinador: David Andrés Gómez Ríos

Persona(s) de Contacto: Ruben Camargo

Correos de Contacto: ruben.carmago@correounivalle.edu.co

Creado el: 08 de agosto del 2014

En Sigelab® desde: 4/08/2022

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 147 de 221





Escuela: Escuela de Ingeniería Química

Lineas de investigación: Ciencia y tecnología del carbón Físicoquímica de materiales y nanomateriales Electroquímica y procesos avanzados de oxidación Procesos químicos y biológicos aplicados

Página web: [Visitar](#)

1. ¿Qué hace el equipo?

Este equipo electroquímico trata aguas residuales con alta conductividad, generando simultáneamente hidrógeno y oxígeno que pueden ser utilizados como fuente de energía. Es una tecnología innovadora que ofrece una solución sostenible tanto para el tratamiento de aguas como para la producción de energías limpias

2. ¿Qué servicios para proyectos de investigación puede prestar y cuánto cuestan?

- **Tratamiento de aguas residuales para investigación:** El equipo puede ser utilizado para pruebas piloto en investigación de aguas residuales industriales o municipales. El costo dependerá del volumen de agua tratado y el tiempo de uso.
 - **Costo estimado**
 - **Uso del equipo:** \$350.000/hora
 - **Operario especializado:** \$150.000/hora.
 - **Materiales de consumo** (electrolitos, reactivos, etc.): variable según el proyecto.
- **Generación de hidrógeno y oxígeno como energía:** El equipo se puede integrar en investigaciones relacionadas con la producción de energía a partir de fuentes renovables y su almacenamiento. Los servicios incluyen la validación del uso de hidrógeno y oxígeno generados en diferentes aplicaciones.
 - **Costo estimado**
 - **Uso del equipo:** \$450.000/hora
 - **Operario especializado:** \$150.000/hora.
- **Validación en empresas:** El equipo puede ser validado en entornos industriales para el tratamiento de aguas residuales y generación de energía. El costo incluiría tanto el uso del equipo como el personal técnico que supervisa su funcionamiento.
 - **Costo estimado**
 - **Validación en empresas:** \$850.000/hora (incluye equipo + personal).
 - **Informe técnico detallado:** \$5.000.000 por estudio.
- **Diplomados y capacitaciones:** Se pueden organizar diplomados o cursos especializados para entrenar a operadores de empresas o investigadores en el uso del equipo y su potencial escalabilidad. Este servicio ofrecería formación teórica y práctica.
 - **Costo estimado:**
 - **Diplomado:** 3.500.000 por participante (duración de 40 horas).

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



- **Capacitación específica para empresas:** 3.500.000 por grupo (incluye 20 horas de formación y prácticas con el equipo).

3. ¿Qué mantenimientos o procesos de calidad requiere y cuánto cuesta?

- **Mantenimiento preventivo:** Revisión periódica de los componentes eléctricos y mecánicos del equipo para garantizar su correcto funcionamiento.
 - **Costo estimado:**
 - **Mantenimiento preventivo:** Revisión periódica de los componentes eléctricos y mecánicos del equipo para garantizar su correcto funcionamiento (cada año).
 - **Mantenimiento correctivo:** Reparaciones no planificadas que puedan surgir por desgaste o fallos en el equipo. Esto podría incluir la sustitución de componentes como electrodos, celdas, y otros elementos clave del sistema (cada 3 años).

4. ¿Cómo se puede hacer sostenible su uso?

- **Monetización de los servicios:** Cobrar por servicios de tratamiento de aguas residuales, validación en entornos industriales, y generación de energía puede generar ingresos recurrentes. Los diplomados y capacitaciones también pueden ser una fuente constante de ingresos.
- **Convenios con empresas:** Establecer acuerdos con industrias que requieran tratamiento de aguas o que deseen integrar el hidrógeno como fuente de energía renovable. Ofrecer validaciones industriales bajo contrato para atraer clientes.
- **Proyectos de investigación financiados:** Buscar alianzas con universidades, centros de investigación y agencias gubernamentales que financien proyectos de investigación que utilicen la tecnología, lo cual también permite cubrir parte de los costos operativos.
- **Escalabilidad del sistema:** Promover la escalabilidad de la tecnología para su implementación en plantas más grandes, lo que podría generar ingresos adicionales mediante la venta de soluciones personalizadas.
- **Programas de certificación y diplomados:** La creación de diplomados o cursos especializados permite formar a más personas en el uso del equipo, generando así una nueva fuente de ingresos. Además, una mayor cantidad de personas capacitadas amplía el potencial de aplicaciones del equipo en diferentes industrias.
- **Patrocinio y alianzas estratégicas:** Buscar alianzas estratégicas con organizaciones que puedan patrocinar el equipo a cambio de publicidad o desarrollo conjunto de proyectos.

14.3.7 Actividad 7. (OE3-A7). Administrar y realizar interventoría.

- **Responsable:** Universidad Del Valle, Conservamos SAS.
- **Resultados de la actividad:** Informe.
- **Medio de verificación:** Acta de revisión y aprobación de informe por parte del comité científico.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



En esta actividad se realizarán los procesos, tareas administrativas y financieras para ejecutar la logística requerida para las actividades en campo, en oficina, que permitan la construcción de la estrategia de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales de 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño. La interventoría la realizará la empresa o persona que sea seleccionada en la convocatoria o licitación.

15. CADENA DE VALOR

En la Tabla 24 se muestra la cadena de valor para la ejecución del proyecto.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 150 de 221



Tabla 24. Cadena de valor propuesta.

Tabla 25. Cadena de valor propuesta

Objetivo específico	Producto	Medido a través de	Cantidad / Meta	Actividades asociadas al producto
<p>OE1. Generar conocimiento en la identificación de zonas de aprovechamiento de energía mareomotriz, captación de agua y generación eléctrica que permita la producción de Hidrógeno Verde en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca, Nariño.</p>	<p>3906012 Documentos de investigación</p>	<p>Número de documentos</p>	<p>12 (artículos tipo TOP A1 o A2)</p>	<p>A 1.1. Caracterizar la oceanografía, geomorfología, hidrología y calidad del agua de las zonas de estudio.</p> <p>A1 .2 Identificar zonas con potencial para generación de energía mareomotriz y de captación de agua para generación de hidrogeno en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.</p>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

OE2. Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente y de producción de hidrógeno verde considerando la innovación y su transferencia que	3906013 Servicio de apoyo para la generación de prototipos de materiales, productos o dispositivos	Número de prototipos	3 (1 software y 2 plantas HVM)	Actividad 2.1 Desarrollar el aplicativo HVM-MAPS

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

<p>contribuyan al cierre de brechas de acceso a las FNCER en 3 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca, Chocó y Nariño.</p>				<p>A 2.2 Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente.</p>
				<p>A 2.3 Desarrollar tecnologías de producción de hidrógeno verde.</p>

<p>OE3. Construir una estrategia de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle del Cauca, Nariño.</p>	<p>3906011 Servicio de apropiación social del conocimiento</p>	<p>Número de estrategias</p>	<p>2</p>	<p>A 3.1 Diseñar e implementar una red de apropiación del conocimiento e intercambio de experiencias que habilite el acceso a energías renovables para el sector productivo de 2 comunidades de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.</p> <p>A.3.2. Diseñar e implementar un piloto de mecanismo financiero solidario que permita desde la gobernanza energética que los sistemas productivos de las comunidades accedan en red a las FNCER.</p>
---	--	------------------------------	----------	--

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

				<p>A.3.3. Implementar 2 sistemas energéticos FNCER para la generación de valor agregado en tres cadenas productivas de las 2 comunidades.</p>
				<p>A.3.4 Movilizar investigadores, estudiantes, jóvenes investigadores y perfiles energéticos.</p>
	3906020 Infraestructura para la I+D+i dotada:	Número de infraestructura	1 (corresponde a la compra de 5 equipos robustos)	<p>A.3.5. Ejecutar el plan de compra de equipos y software</p> <p>A.3.6 Apropiar los equipos adquiridos como un elemento para científica y productiva de la I+D+i</p> <p>A.3.7. Administrar y realizar interventoría</p>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 156 de 221





16. SOSTENIBILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL DEL PROYECTO

El proyecto contribuye al logro de los objetivos de desarrollo sostenible y se alinea con las bases del actual Plan Nacional de Desarrollo porque a través del desarrollo de una nueva industria de producción de Hidrógeno Verde Mareomotriz:

- se garantiza el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna (ODS7).
- Se promueve la construcción de infraestructuras resiliente promoviendo la industrialización sostenible y se fomenta la innovación (ODS9).
- Se contribuye a la reducción de emisión de Gases Efecto invernadero como adopción de medidas urgentes para combatir el Cambio Climático y sus efectos (ODS13).

Además, los resultados del proyecto apoyan la ejecución del PND en cumplir con las metas de educación, investigación científica, protección del medio ambiente y fortalecimiento de la competitividad, así como se detalla en la Tabla 3. También, a través del componente 4 (Infraestructura para la I+D+i) se fortalece la infraestructura científica y tecnológica de las universidades de la región Pacífico (i.e Universidad del Valle), y de las capacidades de las instituciones generadoras de conocimiento aliadas de la propuesta.

A través del modelo de Gobernanza incluido en la carta de Carta Aval, compromiso institucional de la presente propuesta, se detallan los actores, procesos y mecanismos para garantizar la sostenibilidad del proyecto. En el modelo de Gobernanza se presentan aspectos de tipo administrativo, jurídico, financiero, técnico, ético, y de integridad científica.

El proyecto considera las demandas territoriales relacionadas con el acceso a la energía y agua de los departamentos aliados del Pacífico colombiano, y al estar conformado por una cuádruple hélice, garantiza que los resultados del mismo consideren estrategias de sostenibilidad a través de las actividades, funciones, apuestas actuales del proyecto, así como el planteamiento de compromisos y articulación de actores que se estructurarán en la ejecución del objetivo 3.

En el objetivo 3 se propone la construcción de una estrategia de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales en las comunidades de estudio. En ese sentido, como apuesta, compromisos y articulación de actores se plantea además dentro del objetivo:

- Diseñar e implementar un piloto de mecanismo financiero solidario que permita desde la gobernanza energética que los sistemas productivos rurales accedan en red a las FNCER.
- Implementar tres sistemas productivos para la generación de valor agregado en tres comunidades del Pacífico colombiano.

El alcance de desarrollo tecnológico del proyecto es mínimo o igual a TRL6 tal como lo establecen los términos de referencia de la convocatoria, y el progreso, los beneficios, ventajas y estado de desarrollo de las tecnologías se describen en la sección de antecedentes, apartado 6.4 *Niveles de madurez tecnológica de las tecnologías propuestas* del presente documento.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La sostenibilidad técnica y económica de los resultados del proyecto considerarán los siguientes aspectos en cada uno de sus objetivos:

Objetivo 1: Este objetivo genera como producto documentos de investigación y artículos científicos. En el informe técnico de la Actividad 1, se presentarán las recomendaciones y estrategias para garantizar el mantenimiento y desarrollo continuo de la herramienta a cargo de los aliados gubernamentales que toman decisión sobre el territorio.

En este objetivo también se efectuarán estudios técnicos y solicitudes de permisos e.g Estudio geológico y geotécnico (suelos), Análisis de laboratorio de muestras para calidad de agua, Estudio de diseño eléctrico de la planta, Estudio de diseño de cimentación, permiso de Ocupación Temporal, Plan de manejo ambiental y estudio de ocupación de cauce, entre otros. Como las comunidades hacen parte de la ejecución del proyecto, no se requiere estudios de consulta previa. Estos estudios reposarán en el repositorio institucional de la Universidad del Valle, y copia de estos a los aliados del proyecto.

Este objetivo entrega como resultado 12 artículos científicos, en donde no sólo presentarán información técnica que promueva el desarrollo de las tecnologías hasta TRL9, sino también a través del libro, se presentarán desde el enfoque de comunidad energética, estrategias financieras, administrativas, técnicas y jurídicas para la apropiación social e implementación de la tecnología de las plantas HVM y de cada uno de sus módulos (HVM_MAPS, HVM-TIDAL, HVM-WATER, HVM-H2, HVM-SALTY).

Objetivo 2: En este objetivo se construyen y se ponen en operación dos plantas HVM y el software del módulo HVM MAPS, en las zonas con mayor potencial y viabilidad. Estas plantas iniciarán operación en el segundo año y se monitorearán en el tercer año. Un mes antes de finalizar el proyecto, los módulos de generación eléctrica de las plantas (HVM-TIDAL) serán donadas a los consejos comunitarios participantes del proyecto, o si no existe viabilidad para la donación, se enviarán a la Universidad del Valle para que estas continúen su maduración tecnológica a través de futuros proyectos de desarrollo tecnológico.

Objetivo 3: Aquí se entregan diversos documentos y se realizan actividades de ASC de tres soluciones energéticas para tres sistemas productivos rurales. Estas soluciones energéticas serán soportadas con energía solar fotovoltaica, Estos sistemas son una estrategia para impactar positivamente de manera inmediata a las comunidades, y a través de estos, las comunidades tengan las bases para implementar las futuras plantas HVM con un TRL9 en sus territorios.

Estos estudios servirán para la toma de decisiones en el ordenamiento y desarrollo territorial distrital y departamental. Con ellos se promoverá la búsqueda de recursos financieros y apoyos institucionales que conduzcan al desarrollo final de la tecnología HVM y su implementación a diversas escalas, tanto para escala pequeña en las comunidades (generación eléctrica de hasta 12 kw) como a una escala superior.

Para continuidad y garantía de la operación y mantenimiento de las soluciones implementadas, se realizarán núcleos de formación continuada para las comunidades en los siguientes temas: contexto internacional de la transición, oportunidades en el contexto nacional como las comunidades energéticas, conceptos básicos y tipos de FNCER, apropiación social de conocimiento en nuevas tecnologías de generación eléctrica y sistemas de

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



autogeneración, gobernanza energética y mecanismos de toma de decisiones, análisis de barreras de acceso, dimensionamiento y tipos sistemas, monitoreo, riesgos y mantenimientos, finanzas y administración de sistemas energéticos. Estas capacitaciones les permitirán a las comunidades operar los sistemas productivos y las dos plantas HVM. Además, en los resultados del objetivo 3 se presentarán las estrategias de mantenimiento, reparación, desmonte y ampliación de los sistemas energéticos como de las plantas piloto HVM.

Por último, con el apoyo de aliados clave como el IPSE, la Gobernación de Nariño, la empresa Conservamos SAS, y las comunidades, se efectuará la planificación estratégica, la gestión eficiente de recursos y la rendición de cuentas de los resultados del proyecto para garantizar su sostenibilidad.

17. RESULTADOS E IMPACTOS PARA LAS REGIONES OBJETO DEL PROYECTO

17.1. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados más representativos del proyecto son:

- Identificación del efecto de la variabilidad y eventos climáticos extremos sobre la disponibilidad del recurso energético mareomotriz.
- Identificación de zonas con potencial para generación de energía eléctrica Mareomotriz y de captación de agua para generación de hidrogeno en el Pacífico colombiano.
- Evaluación del impacto de las tecnologías sobre las condiciones ambientales y sociales de la zona de estudio.
- Estimación del efecto sobre la calidad del agua debido la implementación de la tecnología mareomotriz en 3 zonas del Pacífico colombiano (Valle del Cauca, Nariño).
- Generación de nuevo conocimiento en tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente y de producción de Hidrógeno verde mediante procesos electrolíticos.
- Análisis de la factibilidad técnica y económica del desarrollo de la industria de Hidrógeno Verde Mareomotriz en el Valle del Cauca y Nariño.
- Desarrollo una estrategia de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos de las comunidades de estudio. Esto incluye la donación de los módulos de generación eléctrica Mareomotriz de las plantas HVM a las comunidades.

Estos resultados se medirán y cuantificarán mediante:

- Prototipos desarrollados: 02 plantas HVM.
- Número de software desarrollados: 01.
- Artículos científicos: 12.
- informe final de investigación: 01
- Eventos científicos con componente de apropiación: 01.

17.2. Impactos por dimensión y horizonte temporal.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La implementación del proyecto en las zonas costeras de los departamentos del Valle del Cauca (Chamuscado) y Nariño (Congal) generarán impactos multidimensionales estructurados en los siguientes horizontes temporales:

Impacto a Corto Plazo (2 a 5 años)

Durante esta fase inicial, los beneficios se concentran en la base científica y social de las regiones objeto:

- Generación de Empleo: Creación inmediata de 54 puestos de trabajo para mano de obra calificada dentro del proyecto.
- Fortalecimiento Académico: Vinculación y formación de estudiantes, jóvenes investigadores y personal técnico profesional de las universidades regionales.
- Producción Científica: Generación de publicaciones internacionales, patentes y prototipos tecnológicos que posicionan al Pacífico en la vanguardia de la energía mareomotriz.
- Gestión Ambiental: Implementación de metodologías para la mejora en la gestión de recursos hídricos y prácticas sostenibles en las comunidades ribereñas.

Impacto a Mediano Plazo (Más de 5 años)

En este periodo, el proyecto trasciende la investigación hacia la integración sectorial y técnica:

- Escalabilidad Técnica: Desarrollo de documentos técnicos sobre la escalabilidad de las plantas de Hidrógeno Verde y el diseño e implementación en sitio de turbinas de corriente.
- Atracción de Inversión: El sector energético y agentes generadores contarán con información base para la toma de decisiones de inversión en tecnología de energía mareal en el litoral Pacífico.
- Política Pública: Actores gubernamentales como el Ministerio de Minas y Energía y la UPME dispondrán de una línea base tecnológica para la planeación y gestión de políticas energéticas nacionales.
- Eficiencia de Procesos: Implementación de simulaciones avanzadas en los procesos de diseño y construcción de nuevas turbinas para las instituciones locales.

Impacto a Largo Plazo (Más de 7 años)

A largo plazo, la consolidación de la industria del Hidrógeno Verde Mareomotriz impactará la calidad de vida de todos los ciudadanos del país:

- Seguridad Energética y Economía: Acceso a energía más económica para las poblaciones de Valle y Nariño mediante la implementación de tecnologías de fuentes renovables.
- Contribución a los ODS: Aporte directo al fin de la pobreza (ODS 1) mediante nuevas fuentes de empleo y al acceso a energía asequible y no contaminante (ODS 7).
- Acción Climática: Reducción significativa de emisiones de CO₂, contribuyendo a las metas nacionales de descarbonización y acción por el clima (ODS 13).
- Economía Circular: Producción de Hidrógeno Verde mediante ciclos cerrados que aprovechan subproductos como la salmuera y el oxígeno, minimizando el impacto ambiental residual.

17.3. Ingresos y Beneficios.

La transición energética en Colombia ha dejado de ser un imperativo meramente ambiental para transformarse en un vector de equidad social y soberanía territorial, especialmente en las regiones del litoral Pacífico que históricamente han operado bajo el régimen de Zonas No Interconectadas (ZNI). El despliegue de una planta de energía mareomotriz de 270 kW en territorios estratégicos como el Consejo Comunitario del Río Naya en el Valle

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



del Cauca y el Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera en Nariño, representa una apuesta por la innovación tecnológica adaptada a contextos de alta complejidad geográfica y cultural²².

La configuración del Pacífico colombiano impone desafíos logísticos únicos que han encarecido la prestación de servicios básicos. Las comunidades seleccionadas representan nodos críticos para la conservación de la biodiversidad y la estabilidad social²³.

- **Río Naya (Valle del Cauca):** Una red de 47 comunidades que depende de plantas diésel con horarios restringidos, limitando su autonomía territorial²⁴.
- **Bajo Mira y Frontera (Nariño):** Nodo crucial para la pesca artesanal en Tumaco, donde la energía estable es necesaria para reducir la presión sobre el ecosistema de manglar²⁷.

17.3.1 Revolución en la Pesca Artesanal: La Cadena de Frío

La pesca artesanal representa el 90% del trabajo en muchas zonas del Pacífico y es el pilar de la cultura local. Sin embargo, la falta de refrigeración obliga a los pescadores a vender su producto a precios ínfimos o enfrentar su descomposición²⁵.

Una planta de 270 kW de capacidad instalada, permite operar una infraestructura industrial completa (Tabla 26):

Producción de Hielo: Una máquina de hielo en escamas con capacidad de 8 toneladas por 24 horas consume aproximadamente 31,5 kW. Con 270 kW, la comunidad podría destinar 100 kW exclusivamente a la producción de hielo, asegurando el suministro para cientos de embarcaciones²⁶.

Almacenamiento Frigorífico: Una cámara de frío para conservar 10 toneladas de pescado requiere una potencia de refrigeración de aproximadamente 30-50 kW, dependiendo del aislamiento y la rotación del producto²⁷.

²² Boletín Tarifario de energía ZNI - Primer trimestre de 2024, acceso: abril 24, 2026, <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Boletin-tarifario-de-energia-ZNI-I-trimestre-2024.pdf>

²³ Consejo comunitario de Bajo Mira y Frontera e institucionalidad desarrolla proyecto de conservación ambiental | Gobernación de Nariño, acceso: abril 24, 2026, <https://2020-2023.narino.gov.co/noticias/1193-2/>

²⁴ Consejo Comunitario de la Cuenca del Río Naya - [Agencia Prensa Rural], acceso: abril 24, 2026, <https://www.prensarural.org/recorre/naya.htm>

²⁵ estrategias de adaptación para la pesca artesanal en el pacífico de colombia y Perú timeless and - Universidad de Palermo, acceso: abril 24, 2026, <https://www.palermo.edu/negocios/cbrs/pdf/pbr30/PBR-30-07.pdf>

²⁶ Pesca Artesanal Sostenible en Tumaco | Territorio 360 - YouTube, acceso: abril 24, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=c3i6iu-tkhI>

²⁷ estrategias de adaptación para la pesca artesanal en el pacífico de colombia y Perú timeless and - Universidad de Palermo, acceso: abril 24, 2026, <https://www.palermo.edu/negocios/cbrs/pdf/pbr30/PBR-30-07.pdf>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Procesamiento de Valor Agregado: La energía estable permite el uso de empacadoras al vacío y túneles de congelación rápida (IQF), permitiendo que el pescado del Río Naya llegue directamente a los mercados de Cali o Bogotá con estándares de calidad de exportación²⁸.

Tabla 26. Equipos productos y consumo eléctrico.

Equipo Productivo	Potencia Requerida (kW)	Beneficio Directo
Fabricadora de Hielo (8t/día)	31,5	Reduce pérdidas de captura en un 40% ³⁰
Cámara Frigorífica (-20°C)	40,0	Permite regular la oferta y mejorar precios ³¹
Planta de Tratamiento de Agua (Anaerobio (UASB + Humedales)	15,0	Mejora la salud pública y calidad del hielo ²⁹
Iluminación y Servicios Educativos	50,0	Fomenta la educación nocturna y seguridad
Total Carga Productiva	136,5	Representa ~50% de la capacidad de la planta

La transición energética en Colombia ha dejado de ser un imperativo meramente ambiental para transformarse en un vector de equidad social y soberanía territorial, especialmente en las regiones del litoral Pacífico que históricamente han operado bajo el régimen de Zonas No Interconectadas (ZNI). El despliegue de una planta de energía mareomotriz de 270 kW en territorios estratégicos como el Consejo Comunitario del Río Naya en el Valle del Cauca y el Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera en Nariño, representa una apuesta por la innovación tecnológica adaptada a contextos de alta complejidad geográfica y cultural.

²⁸ Energía mareomotriz, un posible motor de desarrollo para la costa Pacífica - Universidad del Valle / Cali, Colombia, acceso: abril 24, 2026, <https://www.univalle.edu.co/ciencia-y-tecnologia/energia-mareomotriz-un-posible-motor-de-desarrollo-para-la-costa-pacifica>

²⁹ <https://documents1.worldbank.org/curated/en/256321468331014545/pdf/682800ESMAP0WP0WWWU0TR0010120Resized.pdf>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

El proyecto genera impactos positivos multidimensionales que se resumen a continuación (Tabla 27):

Tabla 27. Tabla de Beneficios Integrales.

Categoría	Beneficio	Cuantificación / Impacto Estimado
Ambiental	Reducción Huella de Carbono	Evitación de ~546 toneladas de CO₂eq anuales por desplazamiento de diésel
Ambiental	Protección del Manglar	Reducción de la tala para leña y eliminación de riesgos por derrames de combustible
Económico (Estado)	Ahorro en Subsidios	Ahorro fiscal de > \$1.500 millones COP/año al eliminar subsidios al diésel en ZNI
Económico (Sociedad)	Valor Agregado Pesquero	Habilita producción de 8t de hielo/día, reduciendo pérdidas post-captura en un-40%
Económico (Sociedad)	Empleos Verdes	Generación de >25 empleos locales en mantenimiento y administración técnica
Social	Salud y Educación	Servicio 24/7 (antes 4-6h), permitiendo telemedicina y educación nocturna
Gobernanza	Soberanía Energética	Empoderamiento de comunidades NARP e

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

		indígenas bajo el modelo asociativo
--	--	-------------------------------------

17.3.2 Beneficios Ambientales y Mitigación Climática

La implementación de tecnología mareomotriz mitiga el cambio climático al sustituir plantas térmicas ineficientes. Utilizando el factor de emisión actualizado de la UPME (0.660 tCO₂eq/MWh), la planta evita una carga contaminante masiva en ecosistemas sensibles como los del San Juan y el Naya.

17.3.3 Beneficios en la Economía Popular y el Estado

La transición energética en Colombia ha dejado de ser un imperativo meramente ambiental para transformarse en un vector de equidad social y soberanía territorial, especialmente en las regiones del litoral Pacífico que históricamente han operado bajo el régimen de Zonas No Interconectadas (ZNI). El despliegue de una planta de energía mareomotriz de 270 kW en territorios estratégicos como el Consejo Comunitario del Río Naya en el Valle del Cauca y el Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera en Nariño, representa una apuesta por la innovación tecnológica adaptada a contextos de alta complejidad geográfica y cultural.

17.3.1 Beneficio inmediato al finalizar el proyecto.

Al finalizar el proyecto se entregarán en operación dos plantas de energía hidrocínética y Mareomotriz de 270 kW a las comunidades, basado en los perfiles de desempeño y curvas de potencia de la tecnología BeamReach.

Resumen de Especificaciones Técnicas de la planta:

- Capacidad Nominal Instalada: 270 kW.
- Velocidad de Arranque (Cut-in): 2 nudos (1.03 m/s).
- Velocidad para Potencia Nominal: 3 nudos (1.54 m/s).
- Horas Equivalentes a Plena Carga (Anual): 5000 h.
- Ventaja Competitiva: Curvas de Potencia

A diferencia de las tecnologías convencionales que requieren velocidades de corriente de entre 5 (2.57 m/s) y 6 (3.09 m/s) nudos para alcanzar su máxima capacidad, la tecnología Tidal Sails logra su meseta de generación a los 1.54 m/s. Esto permite un factor de planta significativamente mayor en regiones con corrientes moderadas, optimizando la captura de energía durante periodos más extensos del ciclo de marea.

Memoria de Cálculo Energético.

La producción anual de energía (AEP) se calcula multiplicando la potencia nominal por las horas estimadas de operación a plena carga:

$$E_{\text{anual}} = \text{Potencia}_{\text{nominal}} * \text{Tiempo}_{\text{operación}}$$

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



$E_{\text{anual}} = 270 \text{ kW} * 5,000 \text{ h/año} = 1,350,000 \text{ kWh/año}$

Estimación de Impacto Social.

Considerando un consumo residencial promedio de 200 kWh mensuales por vivienda (estándar para comunidades en desarrollo):

Consumo anual por vivienda: 2,400 kWh.

Capacidad de abastecimiento: $1,350,000 \text{ kWh} / 2,400 \text{ kWh} = 562$ viviendas.

Conclusión Técnica.

La implementación de una planta de 270 kW ofrece una solución de alta eficiencia para las comunidades costeras. Su bajo umbral de activación asegura una generación constante y predecible, mitigando la intermitencia típica de otras fuentes renovables y proporcionando una base sólida para el desarrollo energético local.

17.4. Proyección Financiera de la Planta (7 años)

A continuación (Tabla 28), se presenta la proyección financiera basada en una inversión inicial de \$700.000 USD (planta e instalación), convertidos a una TRM de \$3.560,62 COP/USD. Se asume una facturación para 1.666 casas con un consumo de subsistencia en ZNI y una tasa de crecimiento anual del 5% para ingresos y costos operativos, consistente con las tendencias de inflación y ajuste tarifario.

Tabla 28. Proyección financiera de una planta de energía hidrocinética mareomotriz de 270 kW.

año	0	1	2	3	4	5	6	7
costo inversión (CAPEX)	\$ 2.492.434.000							
costos operacionales (OPEX)		\$ 249.243.400	\$ 261.705.570	\$ 274.790.849	\$ 288.530.391	\$ 302.956.911	\$ 318.104.756	\$ 334.009.994
ingresos anuales (costo evitado)		\$ 2.207.520.000	\$ 2.317.896.000	\$ 2.433.790.800	\$ 2.555.480.340	\$ 2.683.254.357	\$ 2.817.417.075	\$ 2.958.287.929
beneficios emisiones CO2		\$ 19.124.000	\$ 20.080.200	\$ 21.084.210	\$ 22.138.421	\$ 23.245.342	\$ 24.407.609	\$ 25.627.989

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



total beneficios		\$ 2.226.644.000	\$ 2.337.976.200	\$ 2.454.875.010	\$ 2.577.618.761	\$ 2.706.499.699	\$ 2.841.824.684	\$ 2.983.915.918
ingreso neto		-\$ 515.033.400	\$ 2.076.270.630	\$ 2.180.084.161	\$ 2.289.088.370	\$ 2.403.542.788	\$ 2.523.719.928	\$ 2.649.905.924

Notas sobre la Proyección:

- CAPEX: Basado en \$700.000 USD a la TRM proyectada de abril 2026 (\$3.560,62).
- OPEX: Calculado sobre una base de \$135 USD/kW al año para tecnologías mareomotrices de pequeña escala.
- Ingresos: Basados en el Costo Unitario de Prestación del Servicio (CUPS) evitado en el Litoral del San Juan (\$2.292/kWh), multiplicando por el consumo anual estimado de 1.666 hogares.
- Beneficios CO2: Valoración del ahorro de emisiones mediante certificados de carbono (RENARE), asumiendo un factor de desplazamiento de 0,7 tCO₂e/MWh y un precio de \$27.399 por tonelada.
- Ingreso Neto Año 1: Siguiendo la lógica contable de la tabla de referencia, se resta la inversión inicial completa al flujo de caja del primer año, resultando en un saldo negativo inicial que se recupera plenamente a partir del segundo año de operación.

17.5. Efectos ambientales.

La implementación de infraestructuras HVM en el Pacífico colombiano conlleva una serie de interacciones con la biodiversidad marina que deben ser gestionadas bajo un enfoque de precaución.

Impactos acústicos y perturbación de la fauna

Uno de los efectos más significativos de las turbinas mareomotrices es la generación de ruido subacuático. Durante la operación, las turbinas generan sonidos mecánicos y de flujo que pueden alcanzar niveles de presión

sonora de 122 a 123 dB re 1 μ Pa a una distancia de 75 metros³⁰. Estos niveles son comparables al ruido de embarcaciones pequeñas y son inferiores a los de grandes buques comerciales, que pueden superar los 159 dB re 1 μ Pa³¹.

La relevancia de este impacto radica en el solapamiento de frecuencias con los sistemas de ecolocalización y comunicación de mamíferos marinos. Los cetáceos, como las ballenas jorobadas que migran al Pacífico colombiano, dependen del sonido para la navegación y la reproducción. El ruido de las turbinas, aunque se disipa

³⁰ Appendix L - Snohomish County PUD, acceso: abril 25, 2026, https://www.snopud.com/wp-content/uploads/2021/08/AppL_Pre-InstallStudyReports.pdf

³¹ Ship noise extends to frequencies used for echolocation by endangered killer whales - PMC, acceso: abril 25, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4800784/>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

rápidamente y se vuelve indistinguible del ruido ambiental de las mareas a partir de los 200 metros, puede causar respuestas conductuales leves o desplazamiento temporal en áreas de alta agregación de especies³⁵.

Riesgo de colisión y barreras físicas

La fauna marina, especialmente peces de tamaño pequeño y mediano, enfrenta el riesgo de daño físico por contacto con las aspas giratorias de las turbinas. A diferencia de las hélices de barcos de alta velocidad, las turbinas mareomotrices operan a velocidades angulares relativamente bajas, lo que facilita la evasión por parte de muchas especies³². Sin embargo, se contemplan medidas de mitigación como el uso de mallas de protección y sistemas de zonificación para impedir el ingreso de fauna a la zona crítica de operación. Adicionalmente, el diseño de la turbina IMPETUS-Enriquez podría ofrecer ventajas hidrodinámicas que reduzcan la probabilidad de succión de organismos.

Dinámicas de vertimientos y calidad del agua

Aunque el proceso de producción de hidrógeno es inherentemente limpio, existen riesgos de contaminación puntual durante las fases de instalación y mantenimiento (Tabla 29). Se identifican posibles vertimientos de lubricantes, jabones o sustancias sólidas desde las embarcaciones de apoyo. A nivel de operación, el manejo de la salmuera es el punto más crítico. El vertimiento directo de salmuera hipersalina puede alterar el equilibrio osmótico local, afectando a especies bentónicas sensibles y reduciendo la solubilidad del oxígeno en el agua de fondo³³. El módulo HVM-SALTY mitiga este riesgo al consumir la salmuera para la producción de hipoclorito, minimizando la carga salina descargada al océano.

Tabla 29. Impactos, efectos y medidas de mitigación de los módulos HVM.

Factor de Impacto	Módulo Responsable	Efecto Potencial	Mitigación Propuesta
Ruido Subacuático	HVM_TIDAL	Interferencia con cetáceos	Diseño de bajas RPM y monitoreo acústico
Colisión Física	HVM_TIDAL	Daño a fauna marina	Enmallado de protección y zonificación

³² Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente - Biblat, acceso: abril 25, 2026, <https://biblat.unam.mx/hevila/Gestionambiente/2015/vol18/no2/7.pdf>

³³ Environmental impacts of desalination and brine treatment ..., acceso: abril 25, 2026, https://www.researchgate.net/publication/347379159_Environmental_impacts_of_desalination_and_brine_treatment_-_Challenges_and_mitigation_measures

Salmuera (Reject)	HVM-WATER	Hipoxia local y estrés osmótico	Transformación en $NaOCl$ (HVM-SALTY)
Campos Electromagnéticos	Cables de Potencia	Desorientación de especies elasmobranquias	Blindaje de cables y soterramiento

17.6. Efectos en la salud humana y riesgos de seguridad industrial.

La operación de plantas HVM introduce riesgos específicos derivados del manejo de gases inflamables, radiación UV y productos químicos altamente reactivos.

Seguridad del hidrógeno: Inflamabilidad y fugas

El hidrógeno verde es un gas incoloro, inodoro y altamente inflamable, con un rango de inflamabilidad extremadamente amplio en el aire (4% a 75%)³⁴. Su baja energía de ignición significa que cualquier chispa estática o superficie caliente puede desencadenar un incendio o explosión si hay fugas acumuladas en espacios cerrados. Un desafío técnico adicional es la fragilización por hidrógeno, un fenómeno donde el gas penetra en la estructura molecular de metales como el acero, causando grietas y fallos catastróficos en tanques y tuberías. La invisibilidad de la llama de hidrógeno durante el día complica la detección de incendios por parte de los operadores, requiriendo el uso de cámaras infrarrojas y sensores ultravioleta.

Riesgos químicos y toxicología del hipoclorito

La producción de hipoclorito de sodio ($NaOCl$) en el módulo HVM-SALTY conlleva riesgos químicos significativos. El $NaOCl$ es un oxidante fuerte y una sustancia corrosiva que puede causar quemaduras severas en la piel y daños oculares permanentes. En caso de fallos en el control del pH o accidentes durante la electrólisis, puede liberarse gas cloro (Cl_2), que es extremadamente tóxico y puede causar edema pulmonar si se inhala en concentraciones elevadas³⁵.

Además, la electrólisis de agua salada puede generar subproductos indeseados como el clorato (ClO_3^-), especialmente si el sistema opera a temperaturas elevadas o bajo radiación UV accidental.²⁶ El clorato es tóxico

³⁴ A comprehensive review of risks and mitigation strategies for safe hydrogen infrastructure deployment - ResearchGate, acceso: abril 25, 2026, https://www.researchgate.net/publication/400122085_A_comprehensive_review_of_risks_and_mitigation_strategies_for_safe_hydrogen_infrastructure_deployment

³⁵ Occupational Hazard Datasheets - Chlorine manufacturing plant operator - International Labour Organization, acceso: abril 25, 2026, <https://www.ilo.org/media/356156/download>

para los seres humanos, ya que puede dañar los glóbulos rojos e interferir con la captación de yodo por la glándula tiroidea³⁶. La gestión de estos subproductos es vital para asegurar que el hipoclorito producido sea seguro para la desinfección de agua comunitaria.

Exposición a radiación UV y riesgos eléctricos

El uso de lámparas UV en el reactor HVM-H2 introduce un riesgo de exposición ocupacional (Tabla 30). La radiación ultravioleta puede causar fotoqueratitis (quemadura de la córnea), conjuntivitis y eritemas cutáneos en los trabajadores si no se cuenta con un blindaje adecuado³⁷. Por otro lado, la operación en un ambiente marino altamente corrosivo y húmedo aumenta el riesgo de electrocución por fallos en el aislamiento de los sistemas de alta tensión de las turbinas y los paneles solares.

Tabla 30. Riesgos, efectos en la salud humana y medidas de mitigación de los módulos HVM.

Agente de Riesgo	Efecto en la Salud	Mecanismo de Exposición	Prevención / EPP
Hidrógeno (H_2)	Asfixia, quemaduras	Fugas en espacios confinados, explosión	Detectores de gas, ventilación forzada
Hipoclorito ($NaOCl$)	Quemaduras químicas	Salpicaduras durante el manejo o drenaje	Trajes impermeables, gafas de seguridad
Gas Cloro (Cl_2)	Toxicidad pulmonar	Reacciones secundarias o fugas	Máscaras con filtro químico, extractores
Radiación UV	Daño ocular, eritema	Fallo en el blindaje del reactor	Sensores de presencia, blindaje opaco

³⁶ Minimising chlorate in the electrolytic disinfection of irrigation water - ResearchGate, acceso: abril 25, 2026, https://www.researchgate.net/publication/297148294_Minimising_chlorate_in_the_electrolytic_disinfection_of_irrigation_water

³⁷ EU risk assessment report - JRC Publications Repository, acceso: abril 25, 2026, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC26024/EUR%2020844%20EN.pdf>

Salmuera Ácida	Irritación cutánea	Contacto directo en mantenimiento	Guantes de nitrilo, botas de seguridad
----------------	--------------------	-----------------------------------	--

17.7. Efectos en recursos naturales y sostenibilidad a largo plazo

El impacto de las plantas HVM en los recursos naturales debe evaluarse desde la eficiencia material y el ciclo de vida de sus componentes.

Consumo de agua y competencia de recursos

La producción de hidrógeno mediante electrólisis requiere agua de alta pureza. Aproximadamente, se necesitan 9 litros de agua por cada kilogramo de hidrógeno producido³⁸. En muchas zonas costeras del Pacífico, el acceso al agua potable es limitado. El sistema HVM aborda esta tensión mediante su módulo de desalinización, utilizando agua de mar en lugar de fuentes subterráneas o superficiales de agua dulce, protegiendo así los acuíferos locales. La electrodiálisis, al permitir la recuperación selectiva de iones, puede incluso configurarse para recuperar metales estratégicos presentes en el agua de mar, como el litio o el magnesio, contribuyendo a la seguridad de suministro de materias primas³⁹.

17.8. Vida útil y disposición de materiales

Los componentes de las plantas HVM tienen una vida útil finita que genera desafíos de gestión de residuos. Los paneles solares fotovoltaicos, con una vida útil estimada de 25 a 30 años (Tabla 31), contienen pequeñas cantidades de materiales regulados como plomo y cadmio⁴⁰. Las baterías electroquímicas utilizadas para el almacenamiento de energía contienen soluciones ácidas y metales pesados que representan un riesgo de contaminación del suelo si no se gestionan bajo protocolos de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Las membranas de intercambio iónico de la desalinización también deben reemplazarse periódicamente debido al ensuciamiento (fouling) biológico e inorgánico, requiriendo procesos de reciclaje especializados para evitar su acumulación en vertederos⁴¹.

Tabla 31. Vida útil de elementos de los módulos HVM.

³⁸ Hidrógeno Verde: criterios de sostenibilidad desde PtX Hub ... - ANLA, acceso: abril 25, 2026, <https://www.anla.gov.co/images/entidad/sipta/TercerSimposio-Presentacion-3-2023.pdf>

³⁹ Metal Recovery from Wastewater Using Electrodialysis Separation - MDPI, acceso: abril 25, 2026, <https://www.mdpi.com/2075-4701/14/1/38>

⁴⁰ End-of-life management and recycling of PV modules, acceso: abril 25, 2026, http://www.clca.columbia.edu/papers/End_Life_Management_Recycling_Energy_Policy.pdf

⁴¹ Electrodialysis and hybrid membrane systems for sustainable removal and recovery of toxic metal ions from water and industrial effluents - World Journal of Advanced Research and Reviews, acceso: abril 25, 2026, https://wjarr.com/sites/default/files/fulltext_pdf/WJARR-2026-0918.pdf

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Componente	Vida Útil Estimada	Residuo Generado	Estrategia de Disposición
Paneles Solares	25-30 años	Silicio, vidrio, Cd, Pb	Reciclaje especializado (Ley RAEE)
Baterías Li-ion	10-15 años	Litio, cobalto, electrolitos	Gestión de residuos peligrosos (Gestor licenciado)
Membranas ED	5-10 años	Polímeros sintéticos	Valorización energética o reciclaje químico
Electrodos de Grafito	2-5 años	Micropolvos de carbono	Disposición controlada de sólidos

17.9. Análisis de riesgos y resiliencia climática

El litoral Pacífico es una zona de alta vulnerabilidad ante el cambio climático, con riesgos asociados al aumento del nivel del mar y eventos meteorológicos extremos. Las plantas HVM deben diseñarse con criterios de resiliencia que permitan soportar marejadas y condiciones de salinidad extrema sin comprometer su integridad estructural⁴². El uso de materiales avanzados, como el titanio para electrodos o recubrimientos poliméricos de alta resistencia en las turbinas, es esencial para prevenir la corrosión acelerada⁴³.

Desde una perspectiva ambiental sistémica, se debe monitorear el posible efecto de rebote ambiental (ERE). Este fenómeno ocurre cuando los ahorros logrados por el uso de tecnologías limpias se ven compensados por cambios en el comportamiento de consumo o impactos indirectos en otras partes de la cadena de suministro. Por ejemplo, un aumento masivo en la demanda de metales raros para las membranas de intercambio iónico podría desplazar

⁴² Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia | 1 - Ministerio de Minas y ..., acceso: abril 25, 2026, https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf

⁴³ Electrochemical Production of Hypochlorous Acid and Sodium Hydroxide Using Ion Exchange Membranes - ResearchGate, acceso: abril 25, 2026, https://www.researchgate.net/publication/392680831_Electrochemical_Production_of_Hypochlorous_Acid_and_Sodium_Hydroxide_Using_Ion_Exchange_Membranes



los impactos ambientales hacia las zonas mineras, requiriendo un enfoque de sostenibilidad que abarque desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final⁴⁴.

El desarrollo de las plantas HVM en el Pacífico colombiano representa una integración vanguardista de ciencia, ingeniería y responsabilidad social. Los beneficios potenciales —producción de hidrógeno limpio, suministro de agua potable y generación de químicos para la salud pública— superan con creces los riesgos identificados, siempre que se apliquen las salvaguardas ambientales y de seguridad industrial adecuadas.

Es imperativo que el proceso de escalado de estas tecnologías desde los niveles TRL actuales (2-4) hacia aplicaciones comerciales (TRL 8-9) se realice de la mano con un monitoreo biológico riguroso, especialmente en lo que respecta a la acústica submarina y la integridad de los ecosistemas bentónicos. La normativa colombiana ofrece un marco de incentivos atractivo, pero la agilidad en el licenciamiento ambiental debe equilibrarse con la protección de los derechos de las comunidades locales a través de consultas previas genuinas y procesos de educación ambiental.

Finalmente, la consolidación de la economía del hidrógeno en el Pacífico contribuirá de manera decisiva a los compromisos internacionales de Colombia bajo el Acuerdo de París, posicionando al país como un referente regional en el aprovechamiento sostenible de los recursos oceánicos y la promoción de una transición energética que sea, ante todo, justa y territorializada.

18. PRODUCTOS ESPERADOS

Tabla 32. Productos esperados.

Programa	Producto	Medido a través de	Indicador de producto	Unidad de medida
3906	3906012 Documentos de investigación	Número Artículos científicos publicados	Artículos publicados en revistas indexadas A1-Q1 y A2-Q2	12
3906	005 Servicio de apoyo financiero a programas y proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) para la generación de conocimiento,	Prototipos desarrollados	01 software 02 Plantas HVM	03

⁴⁴ Hidrógeno Verde: criterios de sostenibilidad desde PtX Hub ... - ANLA, acceso: abril 25, 2026, <https://www.anla.gov.co/images/entidad/sipta/TercerSimposio-Presentacion-3-2023.pdf>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



	desarrollo tecnológico e innovación. (I+D+i) 3906012 Documentos de investigación			
3906	3906011 Servicio de apropiación social del conocimiento	Número de estrategias	Estrategias de apropiación realizadas	02
3906	3906020 Infraestructura para la I+D+i dotada:	Número de infraestructura	Centros o laboratorios dotados	1

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
 Versión: 01
 Vigente desde 2021-11-30
 Página 173 de 221



	<p>es energéticas de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.</p>																																					
<p>OE2. Desarrollar tecnologías de generación eléctrica mareomotriz mediante turbinas de corriente y de producción de hidrógeno verde considerando la innovación y su</p>	<p>Actividad 2.1 Desarrollar el aplicativo HVM-MAPS</p>																																					

<p>OE3. Construir una estrategia de apoyo financiero y sostenibilidad desde la ASC que contribuyan a la reducción de las barreras de acceso a FNCER y faciliten la transición energética justa en sistemas productivos rurales en 2 comunidades energéticas de los departamentos del Valle</p>	<p>3906011 Servicio de apropiación social del conocimiento</p>	<p>3.1. Diseñar e implementar una red de apropiación del conocimiento e intercambio de experiencias que habilite el acceso a energías renovables para el sector productivo de 2 comunidades de los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.</p>																																	
							X	X	X	X	X	X	X	X																					



Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01

Vigente desde 2021-11-30
Página 180 de 221



20. ANÁLISIS DE RIESGOS

Identifique los riesgos que pueden afectar el diseño y el desarrollo del proyecto y/o los riesgos que éste puede generar en su entorno. A manera de ejemplo se presenta el siguiente análisis de riesgos.

Tabla 34. Análisis de riesgos

Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efectos	Medidas de mitigación	Supuestos
País/Político	Cambios en la estructura o contenido documental de la normativa de contratación e importación.	Raro	Mayor	Retraso en la adquisición de equipos críticos y sobrecostos por trámites administrativos.	Revisión continua de la normativa nacional y colaboración con la oficina de planeación.	La estabilidad normativa se mantiene durante la fase de ejecución del proyecto.
País/Político	Conflicto armado interno que retrase las actividades de construcción y despliegue.	Probable	Moderado	Interrupción del cronograma y riesgos para la seguridad del personal en campo.	Coordinación con autoridades militares/policiales y evitar áreas de alto riesgo.	El orden público en las zonas de intervención permite el acceso logístico básico.
Ambiental	Colisiones de peces con las palas o interrupción de rutas migratorias (subienda).	Raro	Mayor	Pérdida de biodiversidad local, multas ambientales y posible revocación de licencias.	Instalación de pantallas protectoras, uso de turbinas de bajas RPM y estudios de estacionalidad.	Las especies migratorias mantienen sus rutas biológicas habituales.
Ambiental	Alteración del transporte de sedimentos en el cauce.	Probable	Menor	Modificación de la morfología del río y afectación a ecosistemas aguas abajo.	Modelado hidrodinámico previo y CFD para evaluar carga de lecho y sedimentos.	El modelo CFD captura con precisión la dinámica sedimentológica del sitio.
Construcción	Inundaciones repentinas y caudales altos durante	Probable	Mayor	Daños a la infraestructura en montaje y peligro para los operarios.	Uso de estaciones de aforo en tiempo real y	Los registros históricos de caudales son representativos de la

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

	la instalación.				planificación en estación seca.	variabilidad climática actual.
Construcción	Socavación e inestabilidad del lecho del río durante el pilotaje.	Probable	Moderado	Debilitamiento del sistema de anclaje de las turbinas y riesgos estructurales.	Implementación de enrocado temporal o geotextiles; monitoreo en tiempo real.	El suelo del lecho posee la capacidad portante estimada en los estudios geotécnicos.
Divisa	Revaluación del COP frente al USD o EUR en la fase de adquisición.	Probable	Mayor	Incremento significativo en el presupuesto de CAPEX necesario para las turbinas.	Uso de coberturas cambiarias (contratos Forward) para asegurar tasa fija.	Existe suficiente liquidez en el mercado local para contratar instrumentos derivados.
Proveedor	Retrasos en la fabricación o envío de componentes críticos.	Probable	Moderado	Incumplimiento de hitos del cronograma y retraso en el inicio de generación.	Cláusulas de penalización (Liquidated Damages) y selección de proveedores Nivel 1.	Las cadenas de suministro internacionales operan sin cierres logísticos globales.
Operación	Desgaste abrasivo y erosión de los componentes mecánicos.	Probable	Moderado	Reducción de la eficiencia operativa e incremento en los costos de mantenimiento.	Uso de recubrimientos de cerámica/carburo y pruebas ultrasónicas de espesor.	Los materiales seleccionados son compatibles con la salinidad y carga de sedimentos.
Comprador	Riesgo de no obtener o perder beneficios fiscales (exclusiones de IVA).	Probable	Moderado	Reducción del VPN del proyecto y necesidad de ajustar tarifas al alza.	Gestión oportuna ante la UPME y cumplimiento estricto de requisitos técnicos.	El proyecto cumple con todos los criterios de la Ley 1715 para energías renovables.
Permisos	Retrasos de ANLA o Corporaciones	Probable	Mayor	Aplazamiento indefinido del inicio de obra y costos	Relacionamiento temprano y entrega de EIA/DAA con	La capacidad técnica de la autoridad ambiental

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



	Regionales (ej. CVC) en licencias.			financieros por espera.	datos de línea base robustos.	permite una evaluación en tiempos legales.
--	------------------------------------	--	--	-------------------------	-------------------------------	--

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 183 de 221





21. INDICADORES DE GESTIÓN

A continuación, se sugiere incluir el siguiente indicador de gestión

Tabla 35. Indicadores de gestión

Indicador	Medida / meta	Fecha de entrega de acuerdo a cronograma
Informes de interventorías revisadas (1 cada trimestre)	Número / 12	Mes 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33,36

22. ASPECTOS ÉTICOS

Los aspectos éticos se relacionan con la carta de aval emitida por el comité de ética de investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle.

23. IDONEIDAD Y TRAYECTORIA DE LA ENTIDAD PROPONENTE Y DEMÁS PARTICIPANTES

23.1. UNIVERSIDAD DEL VALLE

La Universidad se ha posicionado como la tercera universidad del país, producto de sus investigaciones de alto impacto nacional e internacional. El Instituto en Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad del Valle – INCIMAR es una iniciativa de alto impacto para la Universidad del Valle, al representar la articulación de facultades y grupos de investigación que enfocan sus recursos y capacidades a la solución de problemas de alta complejidad de la región del Pacífico colombiano, el cual durante los últimos 30 años ha sido objeto de investigación de las ciencias marinas. INCIMAR está ubicada al interior de la Universidad del Valle, una de las más importantes instituciones a nivel nacional en las áreas de las Ciencias Marinas y la Limnología, con espacios locativos en la sección de Biología Marina dentro de la facultad de Ciencias Naturales y Exactas, espacio en el que los proyectos e investigaciones tienen un funcionamiento institucional.

El Instituto en Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad del Valle – INCIMAR es una iniciativa de alto impacto para la Universidad del Valle, al representar la articulación de facultades y grupos de investigación que enfocan sus recursos y capacidades a la solución de problemas de alta complejidad de la región del Pacífico colombiano, el cual, durante los últimos 30 años, ha sido objeto de investigación de las ciencias marinas. Este Instituto se constituye en un centro de generación de conocimientos y formación universitaria avanzada en los campos científico, tecnológico y de interacción social, cuyo objetivo es contribuir al desarrollo nacional y regional a través de la investigación interdisciplinaria en el campo de las Ciencias del Mar y el estudio de las aguas dulces (Limnología). El lograr que la población estudiantil de la región se vea atraída a culminar sus procesos de formación alcanzando el nivel de doctorado, permitirá que exista una mejor capacidad de competir en el mercado laboral, y su conocimiento al ser aplicado en los diferentes focos en los cuales se está direccionado la productividad de la región harán del Departamento del Valle del Cauca y el Pacífico regiones competitivas económica y socialmente mejorando la de calidad de vida de sus habitantes. Este tipo de tecnología propicia el modelo “B2B” donde egresados o investigadores ofrecen servicios especializados y ajustados al mercado usando tecnologías muy costosas que no pueden adquirir individualmente. Ese tipo de iniciativas favorece la traslación desde el laboratorio hasta el mercado de nuevas metodologías.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, es reconocida por sus importantes contribuciones a nivel regional, nacional y e internacional. En ella convergen diversos grupos de investigación como los que participan en la presente propuesta ya están relacionados en la Tabla 1. El líder de la propuesta es el profesor Dr. Eng. Juan Gabriel Rueda Bayona. Profesor Nombrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valle Tecnólogo en Oceanografía Física, ingeniero Civil, Magister en Ingeniería de Recursos Hidráulicos, Doctor en Ingeniería Civil. Experto internacional en energía eólica marina y energía mareomotriz. Autor de más de 40 artículos de investigación relacionados con ingeniería oceánica y costera, publicados en diversas revistas internacionales. También ha liderado varios proyectos de energía eólica marina y de energía mareomotriz. Los detalles del perfil del líder, sus funciones y su trayectoria, como de los otros investigadores se aprecian en la Tabla 40.

Así las cosas, la Universidad del Valle a través de sus grupos de investigación y personal de apoyo posee la idoneidad para contribuir de manera suficiente en todos los objetivos de la propuesta. Posee capacidad financiera, técnica, tecnológica y de talento humano de alto nivel interdisciplinar, con un equipo que se integra con investigadores y profesionales participantes de las entidades aliadas,

23.2. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN

Grupo de investigación OCEÁNICOS han trabajado en la temática de la modelación del océano durante alrededor de 20 años. El Grupo de Investigación en Oceanografía e Ingeniería Costeras (OCEÁNICOS) es un equipo interdisciplinario dedicado a la investigación en ciencias del mar. El programa estratégico del grupo incluye la formación de estudiantes en todos los niveles académicos, la realización de posgrados en ciencias marinas, en conjunto con otras universidades del país y la realización de investigaciones que fortalezcan las líneas del grupo a través de proyectos y programas de investigación. El grupo también participa en redes de investigación internacionales, realiza permanentemente convenios con instituciones nacionales e internacionales e interactúa con instituciones y funcionarios del estado para que el conocimiento producido por la investigación brinde herramientas para el manejo, la gestión y la conservación de los ecosistemas marinos y costeros. A partir de sus alianzas con diferentes instituciones, el Grupo OCEÁNICOS y sus múltiples socios a nivel nacional cuentan con la realización de más de 30 proyectos relacionados con la modelación de oleaje, las corrientes y la hidrodinámica del océano en general, así como más de 20 proyectos relacionados con variables climáticas y atmosféricas incluyendo herramientas computacionales de última tecnología como los datos de satélites. Cuenta de manera interdisciplinaria con la realización de más de 50 tesis entre maestría y doctorado en temas relacionados con la modelación del oleaje, corrientes, asimilación de datos de oleaje, cota de inundación e hidrodinámica costera, entre otros. El grupo cuenta con alrededor de 80 publicaciones de alto impacto en la modelación hidrodinámica del océano y sus múltiples aplicaciones ingenieriles y científicas, muchas de ellas relacionadas de manera directa con la modelación del oleaje y las corrientes marinas para diferentes y variadas aplicaciones oceanográficas.

Dentro de sus integrantes se cuenta con expertos en modelación hidrodinámica del océano, oleaje, corrientes marinas, atmósfera entre otros, que soportan y respaldan la estructura técnica del proyecto. El grupo OCEÁNICOS, cuenta con un aliado estratégico a cargo del Doctor Andrés Osorio Arias profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín quien es director del Centro de Corporación Centro de Excelencia en Ciencias Marinas – CEMarin, centro creado en el año 2009 como consorcio científico y académico para el estudio de problemas en el campo de las ciencias marinas. Dicho centro es soportado técnicamente por seis de las universidades más importantes en el tema marino como la Universidad Nacional de Colombia,

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Universidad del Valle, Universidad de los Andes, la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, la Universidad de Antioquia, la Universidad de Cartagena, la Universidad de Magdalena, la Universidad del Norte, la Universidad Justus-Liebig y el Centro de Ecología Tropical ZMT (estos dos últimos en Alemania), que abordan de manera colectiva problemas actuales de este campo del conocimiento que no pueden ser resueltos por individuos o instituciones. En cuanto a redes de conocimiento alrededor de las áreas de interés en temas de modelación de oleaje, corrientes e hidrodinámica del océano en general y otros temas costeros, el grupo OCEÁNICOS hace parte del comité científico y comité organizador de uno de los eventos más importantes a nivel nacional en temas del océano como es el Seminario Nacional de Ciencias del Mar SENALMAR, parte de la red de energías marinas REMAR, entre otros.

La Universidad Nacional sede Medellín mediante sus grupos de investigación posee capacidad financiera, técnica, tecnológica y de talento humano de alto nivel interdisciplinar para contribuir de manera suficiente e idónea en el objetivo específico 1.

23.3. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Es una Institución de Educación Superior comprometida con la formación integral de sus estudiantes, la generación de conocimiento y la proyección social. El Proyecto Educativo Institucional (PEI) destaca un enfoque en la calidad académica y la excelencia, proporcionando un entorno donde se fomenta la reflexión crítica y el respeto por la diversidad cultural y el patrimonio, en una constante búsqueda por formar ciudadanos con conciencia global y liderazgo.

La Universidad cuenta con una amplia oferta académica en diversas áreas del conocimiento, que incluye programas de pregrado como Administración de Empresas, Arquitectura, Economía, Estadística y Ciencias Actuariales, Ingeniería Ambiental, Ingeniería de Petróleos, Ingeniería en Energías, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Química y Negocios Internacionales. En posgrado, ofrece especializaciones como Gerencia de Empresas, Gerencia de Empresas Constructoras, Gerencia de la Calidad, Gerencia de Proyectos, Gerencia del Talento Humano, Gestión Ambiental, Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, Negocios Internacionales e Integración Económica, y Planeación Territorial. Asimismo, la Universidad oferta la Maestría en Administración (MBA), Maestría en Gerencia del Talento Humano, Maestría en Gerencia Integral de la Calidad y Productividad, Maestría en Gestión Ambiental para la Competitividad, Maestría en Ingeniería de Yacimientos, Maestría en Recuperación Avanzada de Hidrocarburos, y Maestría en Planeación Territorial. Además, cuenta con un portafolio de diplomados, cursos y seminarios, que promueven la educación continua y la actualización profesional en diversas áreas del conocimiento, incluyendo ofertas en temas especializados como los cursos del Centro de Lenguas (CLUA),

A nivel investigativo, en la Universidad de América se incentiva la innovación y el emprendimiento mediante una estrecha vinculación con el sector productivo, la sociedad civil y las instituciones académicas, tanto nacionales como internacionales. La investigación se concibe no solo como un medio para generar nuevo conocimiento, sino también como una herramienta clave para la transformación social. En este sentido, la Universidad articula proyectos, semilleros y actividades de formación investigativa que abordan problemas contextuales, transfiriendo resultados para generar un impacto tangible en su entorno. En cifras, para el componente de investigación científica la Universidad cuenta con 74 docentes investigadores y 18 proyectos de I+D+I+IC que reciben financiación mixta o externa. Desde la Investigación formativa, para segundo semestre de 2024 se reportan 20

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



semilleros de investigación activos con 400 estudiantes semilleristas activados asociados a 84 proyectos de semilleros.

Se destacan cinco grupos de investigación reconocidos y categorizados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación MinCiencias:

- El Grupo de Investigación ENERDIMAT (Energía, Diseño y Materiales) se enfoca en la transición energética, la eficiencia en fuentes renovables de energía, y el desarrollo de biomateriales y nanoestructuras. Sus proyectos fortalecen la temática de Transición y Sostenibilidad Energética, promoviendo tecnologías en energías limpias como la solar, geotérmica, biomasa y biogás.
- El Grupo de Investigación Desarrollo y Equidad lidera investigaciones en innovación, productividad y competitividad, abordando modelos de toma de decisiones, negocios internacionales, negocios verdes y economías circulares. Sus esfuerzos contribuyen a la temática de Gestión Empresarial y Desarrollo Organizacional, optimizando la gestión del talento humano y la innovación empresarial
- El Grupo de Investigación GPS (Gestión, Procesos y Sostenibilidad) está dedicado a proyectos que diversifican la matriz energética y optimizan procesos biotecnológicos y agroindustriales. Sus investigaciones fortalecen la sostenibilidad en cadenas de valor y modelos de producción, impulsando economías circulares y redes logísticas sostenibles.
- El Grupo de Investigación en Ciencias y Educación (ICE) se especializa en el fomento y aportes desde y para las ciencias básicas y la educación. Se ha trabajado en la creación de biosensores, el análisis fisicoquímico y la innovación pedagógica en áreas STEM+H.
- El Grupo de Investigación Territorio y Habitabilidad explora la sostenibilidad urbana y la conservación del patrimonio cultural y arquitectónico, trabajando en la temática de sostenibilidad urbana y cultural. Sus proyectos buscan el desarrollo de ciudades inteligentes y la preservación de la memoria colectiva.

En el año 2024, se emprendió de manera decidida la acción institucional para definir las agendas de I+D+i en la que se concentren las líneas, temáticas e intereses de investigación tanto a nivel macro, como para las facultades, departamentos y programas académicos. Estas agendas esperan articularse con las prioridades de académicas y extensión de la Universidad y se espera sean insumo para los procesos de transferencia de conocimiento a los sectores externos. La declaración de agendas institucionales de I+D+i potenciará la innovación y el abordaje de problemas complejos desde múltiples perspectivas y ayudará a desarrollar y fortalecer las capacidades internas, incluyendo la formación de talento y la creación de infraestructura.

La solidez investigativa de la Universidad de América se ve potenciada por su infraestructura de vanguardia, que incluye 25 laboratorios especializados y el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS). Estos espacios proporcionan a los grupos de investigación, los recursos necesarios para llevar a cabo estudios avanzados en áreas como química, biotecnología, simulación de procesos industriales, y más. Entre los laboratorios más destacados se encuentran el Laboratorio de Química, que realiza estudios avanzados de determinación de parámetros fisicoquímicos en diferentes matrices, y el Laboratorio de Bioprocesos, que ofrece servicios de determinación microbiológica en alimentos y aguas. Además, el Laboratorio de Simulación y Operaciones Automatizadas y el Laboratorio de Mecatrónica permiten la integración de tecnologías avanzadas como la robótica y la automatización industrial para el desarrollo de proyectos interdisciplinarios.

El CEPIIS, por su parte, es un centro dedicado a la innovación y a la industria sostenible, que facilita la investigación aplicada en bioprocesos, control de procesos industriales, y escalamiento de tecnologías. Está

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



equipado con tecnología de última generación para la simulación y optimización de procesos industriales, lo que permite realizar estudios a escala semi-industrial en áreas como la absorción de gases, la producción de biopolímeros y la destilación de productos industriales. Los laboratorios y centros de la Universidad no solo apoyan el desarrollo investigativo académico, sino que también ofrecen servicios a la industria, reforzando la relación entre academia y empresa. Gracias a su enfoque interdisciplinario y su infraestructura de vanguardia, la Universidad se consolida como un actor clave en la generación de soluciones innovadoras y sostenibles que responden a los desafíos del mundo contemporáneo.

Así las cosas, la Fundación Universidad de América mediante sus grupos de investigación posee capacidad financiera, técnica, tecnológica y de talento humano de alto nivel interdisciplinario para contribuir de manera suficiente e idónea en los objetivos 1 y 2.

23.4. COLTURBINAS LIMITADA

COLTURBINAS limitada fue creada con el fin de desarrollar proyectos de PCH y construir los equipos correspondientes. Hace 35 años estamos en el mercado de las PCH. Además trabajamos en mantenimiento y operación de turbinas a vapor e hidráulicas. La empresa se encuentra ubicada en la ciudad Barranquilla. Es una empresa que además se dedica al diseño, planificación, ejecución y mantenimiento de proyectos de ingeniería relacionados con diferentes tipos de turbinas, como las hidráulicas (i.e Pelton, Michel, Banki, Francis), turbinas a gas y turbinas a vapor. Tiene un equipo de profesionales altamente capacitados respaldados por un taller industrial de 5000 m cuadrados para realizar todos los procesos de metalmecánica y electromecánica. También posee experiencia en la operación, mantenimiento y reparación de motores Cummins.

Por consiguiente, Colturbinas Limitada posee capacidad financiera, técnica, tecnológica y de talento humano de alto nivel interdisciplinario para contribuir de manera suficiente e idónea en el objetivo 2.

23.5. CONSERVAMOS SAS

Es una empresa que nace de la experiencia de sus socios en el sector ambiental y agropecuario, con el objeto de brindar herramientas técnicas que permitan al sector fortalecer sus capacidades en la administración de los recursos naturales, la producción rural y la adaptación al cambio climático, desde los aprendizajes identificados en más de 14 años de trabajo, que facilitan la solución de problemas y la optimización de recursos. Dentro de los proyectos y logros más relevantes de la empresa, se mencionan los siguientes:

- La evaluación de riesgo por inundación y encharcamiento de la Reserva Forestal protectora del río León.
- Proyecto GCF para aumentar la resiliencia del sector lácteo al cambio climático con énfasis en el sector transformador que incluyó análisis de vulnerabilidad al cambio climático, medidas de adaptación, portafolio de proyectos, análisis costo beneficio, talleres de fortalecimiento de capacidades entre otros.
- Ganadores de la lées ade investigación del premio pensar con otros 2.023 de la Fundación Sura y Bolívar Davienda y desde ahí lideramos la iniciativa capaces para transición de los sistemas productivos rurales en el Valle del Cauca .

Por su amplia experiencia y logros mencionados, su capacidad financiera, técnica, tecnológica y de talento humano la empresa CONSERVAMOS SAS es idónea para participar en el objetivo 3.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

23.6. EL INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS – IPSE

El IPSE atiende las necesidades energéticas de los habitantes que no cuentan con este servicio; identificando, implementando y monitoreando soluciones energéticas sostenibles con criterios de eficacia, eficiencia y efectividad en las Zonas no Interconectadas- ZNI, mejorando las condiciones de vida de sus pobladores, construyendo paz y equidad en el país, a su vez impulsando el uso de las energías renovables con el fin de que Colombia goce de energías limpias y combata la emisión de gases de efecto invernadero aportando así a los compromisos de la meta impuesta en el COP21. El IPSE promueve soluciones energéticas sostenibles en las comunidades de las ZNI como factor de equidad con criterios de eficacia, eficiencia y efectividad, mejorando continuamente los procesos, teniendo en cuenta la protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación; en condiciones de trabajo seguro y saludable, previniendo y controlando los riesgos y peligros para las partes interesadas, asegurando el cumplimiento de la legislación aplicable a las actividades que desarrolla y otros requisitos que la organización suscriba.

En ese sentido, el IPSE gracias a su capacidad financiera, técnica, tecnológica y de talento humano posee idoneidad para participar en el objetivo 3.

23.7. CONSEJO COMUNITARIO BAJO MIRA Y FRONTERA (NARIÑO)

Este Consejo Comunitario es la entidad de gobierno autónomo que representa a las comunidades negras asentadas en la zona rural del municipio de Tumaco, extendiéndose hasta la frontera con Ecuador. Su dominio abarca un territorio colectivo estratégicamente ubicado en la cuenca baja del río Mira, donde ejercen autoridad sobre ecosistemas de manglar y selva húmeda. Como unidad administrativa regida por la Ley 70 de 1993, actúa como el interlocutor legal para la gestión de su territorio, protegiendo la propiedad colectiva frente a la expansión de monocultivos y la presión de actores externos.

Su misión y visión se enfocan en el etnodesarrollo y la salvaguarda de la identidad cultural afrodescendiente, proyectándose como un territorio de paz con autonomía económica basada en el uso sostenible de la biodiversidad. Entre sus funciones principales destacan la mediación de conflictos internos, el control del uso del suelo, la preservación de los recursos naturales y la ejecución de planes de manejo que promueven la seguridad alimentaria y la producción tradicional (como el cacao y la pesca). Su área de influencia es vital para la conectividad transfronteriza y la protección de los saberes ancestrales del Pacífico Sur.

Por lo anterior, el Consejo será actor clave e idóneo para participar en el objetivo 3.

23.8. CONSEJO COMUNITARIO DEL RÍO NAYA (VALLE DEL CAUCA)

El Consejo Comunitario del Río Naya es una forma de organización étnico-territorial que administra las tierras ancestrales de comunidades negras en la cuenca del río Naya, abarcando jurisdicciones de Buenaventura (Valle) y López de Micay (Cauca). Su dominio territorial se caracteriza por una inmensa riqueza hídrica y forestal, funcionando como un corredor biológico esencial entre la cordillera y el mar. Al ser un territorio interdepartamental,

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



su área de influencia es clave para la resistencia cultural y el mantenimiento de sistemas de vida que dependen estrictamente del flujo del río y el acceso a la selva. La misión de este Consejo es la defensa del territorio como espacio de vida, con la visión de consolidar un gobierno propio que garantice la autonomía y la pervivencia de sus tradiciones "nayeras". Sus funciones incluyen velar por la integridad de los recursos naturales contra la minería ilegal y la explotación maderera no regulada, así como la promoción de la soberanía alimentaria. Además, actúa como autoridad administrativa para concertar proyectos de inversión y desarrollo, asegurando que cualquier intervención en su área respete el derecho a la consulta previa y el bienestar colectivo.

Por lo anterior, el Consejo será actor clave e idóneo para participar en el objetivo 3.

23.9. GOBERNACIÓN DE NARIÑO

Tiene como fin primordial servir a la comunidad, promover la prosperidad general en procura del desarrollo integral de quienes habitan el territorio, preservar los valores morales, culturales y patrimoniales, buscar el desarrollo de su territorio, el rescate y fortalecimiento de los bienes del departamento y todo lo que tenga que ver con la satisfacción de sus necesidades socioeconómicas que garantice el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del territorio. La Gobernación tiene como meta ser una región líder en el desarrollo humano y sostenible, que se articula a las dinámicas de desarrollo, potenciando la conectividad y complementariedad de su sistema de ciudades, reconocida por la calidad de su buen gobierno, equidad, acceso de la población a la educación, el conocimiento de talla mundial, la infraestructura y diversificación productiva para el desarrollo y la sustentabilidad de su territorio. Considerando el plan departamental de desarrollo el cual tiene como meta ser el hub con el mayor potencial de desarrollar la industria de hidrógeno verde del país, garantizar acceso de energía moderna a todos y todas, la Gobernación de Nariño es idónea para participar en el objetivo 3.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Tabla 36. Líderes e investigadores principales.

Nombres	Formación	Entidad	Cargo	Función	Objetivo donde participa	Trayectoria
Juan Rueda	Ingeniero Civil Tecnólogo en oceanografía física Magister en Ing.-de recursos hidráulicos. Doctor en Ingeniería Civil	Universidad del Valle	Líder del proyecto	Dirección técnica de los objetivos del proyecto.	Todos	CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000589020 Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?user=xCYVda4AAAAJ&hl=es Research Gate https://www.researchgate.net/profile/Juan-Rueda-Bayona ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3806-2058
Andrés Osorio	Ingeniero Civil Magister y Doctor en Ciencias y Tecnologías Marinas	Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín	Lider oceanografía física e ingeniería costera	Dirección técnica del componente de oceanografía.	1	CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000674591 Google Scholar http://scholar.google.com/citations?user=uqyZzFcAAAAJ Research gate https://www.researchgate.net/profile/Andres_Osorio3 ORCID: orcid.org/0000-0003-4891-9115

Enrique Peña	Biólogo (Énfasis Biología Marina) Especialista en Criptógamas Doctor en Ciencias del Mar	Universidad del Valle	Lider Biología Marina	Doctor en Ciencias del Mar quien liderará el análisis de riesgo ambiental y efecto sobre la fauna marina y costera de las tecnologías marinas que se desarrollarán.	1	CVLAC https://bpm.correounivalle.edu.co/integrantes-del-grupo/profesores#h.p_ID_40 Research gate https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Pena-Salamanca Google Scholar https://scholar.google.es/citations?user=XxfOyOMAAAAJ&hl=es
Guillermo Jaramillo	Ingeniero Mecánico. Especialista en teoría y aplicación del método de los elementos finitos. Magister en Ing. Eléctrica. Doctor en ingeniería Aeronáutica y astronáutica	Universidad del Valle	Líder turbo maquinaria	Responsable desarrollo de turbomaquinaria	2	CVLAC https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizado/r/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000270032# ORCID https://orcid.org/0000-0003-0727-9289
Adriana Niño	Ingeniera Química, Especialista en Ingeniería Ambiental, Magister en Ingeniería Química, Doctora en Ingeniería Química	Universidad del Valle	Líder tratamiento de aguas	Responsable del sistema HVM-WATER	2	CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizado/r/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001612672 Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=ozYYINsAAAAJ&hl=es
Fiderman Machuca Martínez	Ing. Químico. Doctor en Ingeniería Química	Universidad del Valle	Lider producción de Hidrógeno	Coordinador del componente de producción de	2	CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizado/r/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000084638

				hidrógeno a nivel piloto		<p>Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=RsBrCGYAAAAJ&hl=es</p> <p>ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4553-3957</p>
Diana Cuesta	Ing. Ambienta.I Ms. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Doctoranda en Ingeniería	Universidad de América	Líder aprovechamiento de salmuera	Diseño y construcción de prototipo para aprovechamiento de salmueras y subproductos	2	<p>CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001408837</p> <p>Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=90Ok1E0AAAAJ&hl=en</p> <p>ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9287-2452</p>
Yazmín Rojas	Socióloga, Magister en Estudios y gestión del desarrollo PhD en estudios del desarrollo y territorio (en curso)	Conservamos sas	Lider apropiación social del conocimiento	Responsable objetivo 3	3	<p>Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=CmXtQIMAAAAJ</p>
Pablo Manyoma	Ingeniero Industrial. Magister en Ingeniería Industrial	Universidad del Valle	Líder en Análisis Multicriterio	Coordinar relación del componente de Evaluación Económica con demás elementos	2	<p>CVLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000089087</p> <p>Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=xoGVM7sAAAAJ&hl=es</p>



	Doctor en Ingeniería - Ingeniería Sanitaria y Ambiental					ORCID https://orcid.org/0000-0003-1479-5986
--	--	--	--	--	--	--

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01



24. ANÁLISIS DE LICENCIAS Y PERMISOS

Para el desarrollo de las actividades en la ejecución del proyecto se requiere de los siguientes permisos:

Entidad	Nombre del Trámite	Resolución / Norma Regulatoria	Observaciones
Corporación Autónoma (CAR)	Permiso de Ocupación de Cauces, Playas y Lechos	Decreto 1076 de 2015 (Sector Ambiente)	Obligatorio para instalar anclajes o estructuras en el fondo del río o desembocadura.
DIMAR	Concesión de Áreas de Bajamar	Decreto Ley 2324 de 1984 y Res. 0541 de 2014	Requerido si el área tiene influencia de mareas. Define el uso del espacio marítimo.
DIMAR	Autorización de instalación temporal de infraestructura para captura de datos en aguas marítimas, playas marítimas y terrenos de bajamar bajo jurisdicción de la Dirección General Marítima	Resolución 240 de 2021	Especificar que no se interfiere en la navegación.
UPME	Certificación de Proyecto de Generación FNCER	Resolución 196 de 2020 (UPME)	<ul style="list-style-type: none"> • Exención de IVA (Ahorro del 19%) • Protección Legal y Reconocimiento de Autogenerador. • Acceso a Fondos y Subsidios
UPME / DIAN	Aval para Incentivos Tributarios (Ley 1715)	Resolución 203 de 2020	Permite importar tecnología sin IVA ni aranceles.
Ministerio del Interior*	Certificación de Presencia de Comunidades Étnicas	Decreto 1071 de 2015	Verificación de necesidad de consulta Previa (Res. 001 de 2020 de la DANCP).
Operador de Red (OR)	Solicitud de Conexión simplificada (Autogenerador)	Resolución CREG 174 de 2021	No aplica.

*Consulta previa con comunidades indígenas o afrodescendientes. Procedimiento de cinco etapas según la Directiva Presidencial 10 de noviembre de 2013 (<https://www.mininterior.gov.co/proceso-de-consuta-previa/>). Como las comunidades participan del proyecto, este proceso se ha cumplido considerando la carta de aval firmada por las comunidades.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 196 de 221



25. RESUMEN DE FUENTES DE FINANCIACIÓN

Tabla 37. Fuentes de financiación

Entidad	Fuente de recursos	Valor
Asignación de CTel del SGR	Asignación de CTel del SGR	\$ 15,708,000,000
UNIVERSIDAD DEL VALLE (proponente)	Propios - en Especie	\$ 1'972'675'576
Universidad Nacional – sede Medellín	Propios - en Especie	\$ 317'225'664
Fundación Universidad de América	Propios - en Especie	\$ 89'670'048
Gobernación de Nariño	Propios - en Especie	\$22'399'488
Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE)	Propios - en Especie	\$ 35'424'000
Conservamos SAS	Propios - en Especie	\$ 24'000'000
Colturbinas Limitada	Propios - en Especie	\$ 19'635'000
Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (Departamento de Nariño).	Propios - en Especie	\$ 5'214'290
Consejo comunitario del Rio Naya (Departamento del Valle del Cauca)	Propios - en Especie	\$ 5'214'290

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

26. BIBLIOGRAFÍA

- Abd Rahim, M. W., Rahman, A. A., Izham, M., & Amin, N. A. M. (2023). Tidal Energy in Malaysia: An overview of potentials, device suitability, issues and outlook. *Regional Studies in Marine Science*, 61, 102853. <https://doi.org/10.1016/J.RSMA.2023.102853>
- Alex, A., Petrone, R., Tala-Ighil, B., Bozalakov, D., Vandeveld, L., & Gualous, H. (2022). Optimal techno-economic analysis of a hybrid grid connected tidal-wind-hydrogen energy system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(86), 36448–36464. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2022.08.214>
- Al-Hamaiedeh, H. D. (2013). Use of the Dead Sea brine as electrolyte for electrochemical generation of active chlorine. *Desalination and Water Treatment*, 51, 16–18.
- Alique, D., Martinez-Diaz, D., Sanz, R., & Calles, J. A. (2018). Review of Supported Pd-Based Membranes Preparation by Electroless Plating for Ultra-Pure Hydrogen Production. *Membranes 2018*, Vol. 8, Page 5, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/MEMBRANES8010005>
- Al-Mufachi, N. A., Rees, N. V., & Steinberger-Wilkens, R. (2015). Hydrogen selective membranes: A review of palladium-based dense metal membranes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 540–551. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.03.026>
- Almutairi, K., Hosseini Dehshiri, S. S., Hosseini Dehshiri, S. J., Mostafaeipour, A., Issakhov, A., & Techato, K. (2021). A thorough investigation for development of hydrogen projects from wind energy: A case study. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(36). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.03.061>
- Arana Juve, J. M., Christensen, F. M. S., Wang, Y., & Wei, Z. (2022). Electrodialysis for metal removal and recovery: A review. *Chemical Engineering Journal*, 435, 134857. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2022.134857>
- Badrul Salleh, M., Kamaruddin, N. M., & Mohamed-Kassim, Z. (2019a). Savonius hydrokinetic turbines for a sustainable river-based energy extraction: A review of the technology and potential applications in Malaysia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100554>
- Badrul Salleh, M., Kamaruddin, N. M., & Mohamed-Kassim, Z. (2019b). Savonius hydrokinetic turbines for a sustainable river-based energy extraction: A review of the technology and potential applications in Malaysia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36, 100554. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2019.100554>
- Bastidas-Salamanca, M., & Gabriel Rueda-Bayona, J. (2021). Pre-feasibility assessment for identifying locations of new offshore wind projects in the Colombian Caribbean. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 32, 139–154. <https://doi.org/10.5278/IJSEPM.6710>
- Bastidas-Salamanca, M. L., & Rueda-Bayona, J. G. (2021). Pre-feasibility assessment for identifying locations of new offshore wind projects in the Colombian Caribbean. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, In Press.
- Behrouzi, F., Nakisa, M., Maimun, A., & Ahmed, Y. M. (2016a). Global renewable energy and its potential in Malaysia: A review of Hydrokinetic turbine technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1270–1281. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.020>
- Behrouzi, F., Nakisa, M., Maimun, A., & Ahmed, Y. M. (2016b). Renewable energy potential in Malaysia: Hydrokinetic river/marine technology. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 62). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.020>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Berg, T., Fürhaupter, K., Teixeira, H., Uusitalo, L., & Zampoukas, N. (2015). The Marine Strategy Framework Directive and the ecosystem-based approach - pitfalls and solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 96(1–2). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.050>
- Bersalli, G., Menanteau, P., & El-Methni, J. (2020a). Renewable energy policy effectiveness: A panel data analysis across Europe and Latin America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110351>
- Bersalli, G., Menanteau, P., & El-Methni, J. (2020b). Renewable energy policy effectiveness: A panel data analysis across Europe and Latin America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110351. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2020.110351>
- Blum, N. U., Sryantoro Wakeling, R., & Schmidt, T. S. (2013a). Rural electrification through village grids - Assessing the cost competitiveness of isolated renewable energy technologies in Indonesia. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 22). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.049>
- Blum, N. U., Sryantoro Wakeling, R., & Schmidt, T. S. (2013b). Rural electrification through village grids— Assessing the cost competitiveness of isolated renewable energy technologies in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 482–496. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.049>
- Bonar, P. A. J., Bryden, I. G., & Borthwick, A. G. L. (2015). Social and ecological impacts of marine energy development. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 47). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.068>
- Bortolini, M., Gamberi, M., Graziani, A., & Pilati, F. (2015a). Economic and environmental bi-objective design of an off-grid photovoltaic–battery–diesel generator hybrid energy system. *Energy Conversion and Management*, 106, 1024–1038. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.10.051>
- Bortolini, M., Gamberi, M., Graziani, A., & Pilati, F. (2015b). Economic and environmental bi-objective design of an off-grid photovoltaic–battery–diesel generator hybrid energy system. *Energy Conversion and Management*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.10.051>
- Cabello, J. J., Balbis, M., Sagastume, A., Pardo, A., Cabello, M. J., Rey, F. J., & Rueda-Bayona, J. G. (2019). A look to the electricity generation from non-conventional renewable energy sources in Colombia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(1). <https://doi.org/10.32479/ijeeep.7108>
- Castañeda, A., Doan, D., Newhouse, D., Nguyen, M. C., Uematsu, H., & Azevedo, J. P. (2018). A New Profile of the Global Poor. *World Development*, 101. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.08.002>
- Ceballos, C. (2026). 7 ESTADO DE LAS PLAYAS EN COLOMBIA. <http://web.invemar.org.co/redcostera1/invemar/noticias.jsp?idart=156&pagina=5&idcat=15>.
- Ceylan, C., & Devrim, Y. (2023a). Green hydrogen based off-grid and on-grid hybrid energy systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(99), 39084–39096. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.02.031>
- Ceylan, C., & Devrim, Y. (2023b). Green hydrogen based off-grid and on-grid hybrid energy systems. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.02.031>
- Chapman, S. (2011). *Electric Machinery Fundamentals*. [https://elcom-hu.com/Subjects/Electrical/3rd-year/machine%201/machine-book-\(5th-ed\)-compressed.pdf](https://elcom-hu.com/Subjects/Electrical/3rd-year/machine%201/machine-book-(5th-ed)-compressed.pdf)
- Clarivate. (n.d.). *Web of Science*.
- Conde, J. J., Maroño, M., & Sánchez-Hervás, J. M. (2017). Pd-Based Membranes for Hydrogen Separation: Review of Alloying Elements and Their Influence on Membrane Properties. *Separation & Purification Reviews*, 46(2), 152–177. <https://doi.org/10.1080/15422119.2016.1212379>
- Consejo Privado de Competitividad | Confiabilidad, cobertura y calidad del servicio de energía - Consejo Privado de Competitividad. (n.d.). Retrieved June 13, 2023, from https://compite.com.co/blog_cpc/confiabilidad-cobertura-y-calidad-del-servicio-de-energia/

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Copping, A. E., Freeman, M. C., Gorton, A. M., & Hemery, L. G. (2020). Risk retirement-decreasing uncertainty and informing consenting processes for marine renewable energy development. *Toxics*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/jmse8030172>
- Crivellari, A., & Cozzani, V. (2020). Offshore renewable energy exploitation strategies in remote areas by power-to-gas and power-to-liquid conversion. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(4), 2936–2953. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.11.215>
- Czarnetzki, L. R., & Janssen, L. J. J. (1992). Formation of hypochlorite, chlorate and oxygen during NaCl electrolysis from alkaline solutions at an RuO₂/TiO₂ anode. *Journal of Applied Electrochemistry*, 22.
- Deltares. (2014a). *Delft3D-FLOW. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments - User Manual*. Deltares.
- Deltares. (2014b). *Delft3D-WAVE. Simulation of short-crested waves with SWAN - User Manual*. Deltares.
- Deltares. (2014c). *Delft3D-WAVE. Simulation of short-crested waves with SWAN - User Manual*.
- Deshmukh, K., & Chidambaram, K. (2017). *Biopolymer Composites With High Dielectric Performance: Interface Engineering*. Biopolymer Composites in Electronics.
- Di Marcoberardino, G., Binotti, M., Manzolini, G., Viviente, J. L., Arratibel, A., Roses, L., & Gallucci, F. (2017). Achievements of European projects on membrane reactor for hydrogen production. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1142–1450.
- Diab, F., Lan, H., & Ali, S. (2016). Novel comparison study between the hybrid renewable energy systems on land and on ship. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 63). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.053>
- Dincer, I., & Acar, C. (2015). Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(34), 11094–11111. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.12.035>
- DNP. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*.
- Dong, Y., Guo, J., Chen, J., Sun, C., Zhu, W., Chen, L., & Zhang, X. (2021a). Development of a 300 kW horizontal-axis tidal stream energy conversion system with adaptive variable-pitch turbine and direct-drive PMSG. *Energy*, 226. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120361>
- Dong, Y., Guo, J., Chen, J., Sun, C., Zhu, W., Chen, L., & Zhang, X. (2021b). Development of a 300 kW horizontal-axis tidal stream energy conversion system with adaptive variable-pitch turbine and direct-drive PMSG. *Energy*, 226, 120361. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120361>
- Downie, R. J., Thompson, M. C., & Wallis, R. A. (1993). An engineering approach to blade designs for low to medium pressure rise rotor-only axial fans. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 6(4). [https://doi.org/10.1016/0894-1777\(93\)90016-C](https://doi.org/10.1016/0894-1777(93)90016-C)
- Dube, S., Gorimbo, J., Moyo, M., Okoye-Chine, C. G., & Liu, X. (2023). Synthesis and application of Ni-based membranes in hydrogen separation and purification systems: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(1), 109194. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.109194>
- Editor David Irwin, S. J., Trzynadlowski, A. M., & Lipovski, G. J. (2001). *Mechanical Engineer's Handbook*. <https://soaneemrana.org/onewebmedia/MECHANICAL%20ENGINEERS%20HANDBOOK%20BY%20BAN%20B.%20MANRGHITU.pdf>
- Elhakeem, A., Elshorbagy, W., & Bleninger, T. (2015). Long-term hydrodynamic modeling of the Arabian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 94(1), 19–36. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.03.020>
- Farmery, A. K., Jennings, S., Gardner, C., Watson, R. A., & Green, B. S. (2017). Naturalness as a basis for incorporating marine biodiversity into life cycle assessment of seafood. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(10), 1571–1587. <https://doi.org/10.1007/S11367-017-1274-2/METRICS>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Fitzgerald, A. E. (1985). Electric Machinery, Sixth Edition. In *Journal of the Franklin Institute* (Vol. 319, Number 4).
- Fouz, D. M., Carballo, R., López, I., & Iglesias, G. (2022a). Tidal stream energy potential in the Shannon Estuary. *Renewable Energy*, 185, 61–74. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.12.055>
- Fouz, D. M., Carballo, R., López, I., & Iglesias, G. (2022b). Tidal stream energy potential in the Shannon Estuary. *Renewable Energy*, 185, 61–74. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2021.12.055>
- fraunhofer. (2022). *H2Mare - Tecnologías Offshore*.
- Gade, S. K., Thoen, P. M., & Way, J. D. (2008). Unsupported palladium alloy foil membranes fabricated by electroless plating. *Journal of Membrane Science*, 316(1–2), 112–118. <https://doi.org/10.1016/J.MEMSCI.2007.08.022>
- Gan, L. K., Shek, J. K. H., & Mueller, M. A. (2015a). Hybrid wind–photovoltaic–diesel–battery system sizing tool development using empirical approach, life-cycle cost and performance analysis: A case study in Scotland. *Energy Conversion and Management*, 106, 479–494. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.09.029>
- Gan, L. K., Shek, J. K. H., & Mueller, M. A. (2015b). Hybrid wind-photovoltaic-diesel-battery system sizing tool development using empirical approach, life-cycle cost and performance analysis: A case study in Scotland. *Energy Conversion and Management*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.09.029>
- García, M., Ramírez, I., Verlaan, M., & Castillo, J. (2015). Application of a three-dimensional hydrodynamic model for San Quintin Bay, B.C., Mexico. Validation and calibration using OpenDA. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 273, 428–437. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2014.05.003>
- García Novo, P., & Kyojuka, Y. (2021). Tidal stream energy as a potential continuous power producer: A case study for West Japan. *Energy Conversion and Management*, 245, 114533. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2021.114533>
- Gaudreault, C., Loehle, C., Prisley, S., Solarik, K. A., & Verschuyf, J. P. (2020). Are the factors recommended by UNEP-SETAC for evaluating biodiversity in LCA achieving their promises: a case study of corrugated boxes produced in the US. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(6). <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01765-1>
- Gharib Yosry, A., Fernández-Jiménez, A., Álvarez-Álvarez, E., & Blanco Marigorta, E. (2021). Design and characterization of a vertical-axis micro tidal turbine for low velocity scenarios. *Energy Conversion and Management*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114144>
- Gohil, G. S., Binsu, V. V., & Shahi, V. K. (2006). *Preparation and characterization of mono-valent ion selective polypyrrole composite ion-exchange membranes*. 280, 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.01.020>
- González, S. M., De Ambiente, M., Sostenible, D., María, E., Fajardo, C. J., Olarte, M. A., & Galindo Tarazona, R. (2024). *PLAN DE MANEJO DEL DISTRITO NACIONAL DE MANEJO INTEGRADO – DNMI-“CABO MANGLARES BAJO MIRA Y FRONTERA.”* <https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2024/11/PM-DNMI-Cabo-Manglares-Bajo-Mira-y-Frontero-2024.pdf>
- Guía, P., Héctor, P., Andrés, H., & Allende, S. (2022). *Las energías marinas como recursos fundamentales en sistemas híbridos de energía renovable de latitudes medias-altas*. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/10172>
- Hoffmann, K. A., & Chiang, S. T. (2000). Computational Fluid Dynamics, Vol.II. *Engineering Education System Wichita Kansas*, I(9686), 479. https://books.google.com/books/about/Computational_Fluid_Dynamics.html?id=-MgjAAAACAAJ
- Howarth, R. W., & Jacobson, M. Z. (2021). How green is blue hydrogen? *Energy Science and Engineering*, 9(10), 1676–1687. <https://doi.org/10.1002/ESE3.956>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Informes De Operación – IPSE-CNM.* (n.d.). Retrieved June 8, 2023, from <https://ipse.gov.co/cnm/informes-de-operacion/>
- INVEMAR. (2005). *Informe estado ambientes marinos y costeros en Colombia.* https://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/3801IER_2005_completo.pdf
- Jahangir, M. H., Shahsavari, A., & Vaziri Rad, M. A. (2020a). Feasibility study of a zero emission PV/Wind turbine/Wave energy converter hybrid system for stand-alone power supply: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121250>
- Jahangir, M. H., Shahsavari, A., & Vaziri Rad, M. A. (2020b). Feasibility study of a zero emission PV/Wind turbine/Wave energy converter hybrid system for stand-alone power supply: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121250>
- Jiang, C. B., Kang, Y. T., Qu, K., Kraatz, S., Deng, B., Zhao, E. J., Wu, Z. Y., & Chen, J. (2021). High-resolution numerical survey of potential sites for tidal energy extraction along coastline of China under sea-level-rise condition. *Ocean Engineering*, 236, 109492. <https://doi.org/10.1016/J.OCEANENG.2021.109492>
- JM. (2020). *Hidrogeno verde.*
- Jodar Hernandez, P. (2020). *Diseño de una turbina para una central de energía mareomotriz.* <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/328658>
- Kamali, S. (2016a). Feasibility analysis of standalone photovoltaic electrification system in a residential building in Cyprus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 1279–1284. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.018>
- Kamali, S. (2016b). Feasibility analysis of standalone photovoltaic electrification system in a residential building in Cyprus. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 65). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.018>
- Khare, V., & Nema, S. (2018). Tidal energy systems: Design, optimization and control. *Tidal Energy Systems: Design, Optimization and Control*, 1–416. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02279-6>
- Kim, B. J., Hwang, J. H., & Kim, B. (2022). FLOW-3D Model Development for the Analysis of the Flow Characteristics of Downstream Hydraulic Structures. *Sustainability 2022*, Vol. 14, Page 10493, 14(17), 10493. <https://doi.org/10.3390/SU141710493>
- Kirke, B. (2020). Hydrokinetic turbines for moderate sized rivers. In *Energy for Sustainable Development* (Vol. 58). <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.08.003>
- Kong, L., Yu, J., & Cai, G. (2019a). Modeling, control and simulation of a photovoltaic /hydrogen/ supercapacitor hybrid power generation system for grid-connected applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(46), 25129–25144. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.097>
- Kong, L., Yu, J., & Cai, G. (2019b). Modeling, control and simulation of a photovoltaic /hydrogen/ supercapacitor hybrid power generation system for grid-connected applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(46). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.097>
- Korpela, S. A. (2012). Principles of Turbomachinery. In *Principles of Turbomachinery.* <https://doi.org/10.1002/9781118162477>
- Kumar Nandi, S., & Ranjan Ghosh, H. (2010). Techno-economical analysis of off-grid hybrid systems at Kutubdia Island, Bangladesh. *Energy Policy*, 38(2). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.049>
- Kumar, S. S., & Himabindu, V. (2019). *Hydrogen production by PEM water electrolysis-A review.* <https://doi.org/10.1016/j.mset.2019.03.002>
- Lazaar, N., Barakat, M., Hafiane, M., Sabor, J., & Gualous, H. (2021). Modeling and control of a hydrogen-based green data center. *Electric Power Systems Research*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.epr.2021.107374>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Liu, H., Ren, H., Gu, Y., Lin, Y., Hu, W., Song, J., Yang, J., Zhu, Z., & Li, W. (2023). Design and on-site implementation of an off-grid marine current powered hydrogen production system. *Applied Energy*, 330, 120374. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2022.120374>
- Liu, T., Wang, B., Hirose, N., Yamashiro, T., & Yamada, H. (2018). High-resolution modeling of the Kuroshio current power south of Japan. *Journal of Ocean Engineering and Marine Energy*, 4(1), 37–55. <https://doi.org/10.1007/s40722-017-0103-9>
- LÓPEZ CASTRILLÓN, W., SEPÚLVEDA, H., & MATTAR, C. (2022). *Las energías marinas como recursos fundamentales en sistemas híbridos de energía renovable de latitudes medias-altas*.
- Ma, T., & Javed, M. S. (2019). Integrated sizing of hybrid PV-wind-battery system for remote island considering the saturation of each renewable energy resource. *Energy Conversion and Management*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.059>
- Maldar, N. R., Ng, C. Y., & Oguz, E. (2020a). A review of the optimization studies for Savonius turbine considering hydrokinetic applications. In *Energy Conversion and Management* (Vol. 226). <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113495>
- Maldar, N. R., Ng, C. Y., & Oguz, E. (2020b). A review of the optimization studies for Savonius turbine considering hydrokinetic applications. *Energy Conversion and Management*, 226, 113495. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113495>
- Mañunga, T., Barrios-Pérez, J. D., Zaiat, M., & Rodríguez-Victoria, J. A. (2022). Evaluation of pretreatment methods and initial pH on mixed inoculum for fermentative hydrogen production from cassava wastewater. *Biofuels*, 13(3), 301–308. <https://doi.org/10.1080/17597269.2019.1680041>
- Martí Barclay, V., Neill, S. P., & Angeloudis, A. (2023). Tidal range resource of the Patagonian shelf. *Renewable Energy*, 209, 85–96. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2023.04.001>
- MInambiente. (2015). *LINEAMIENTOS PARA UN PROGRAMA NACIONAL DE ESTUFAS EFICIENTES PARA COCCIÓN CON LEÑA*.
- Minenergía. (2023). *El Pacífico colombiano celebra Transición Energética Justa a través de la sustitución de estufas de leña y bombillas ineficientes*.
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). *PLAN NACIONAL DE SUSTITUCIÓN DE LEÑA Y OTROS COMBUSTIBLES DE USO INEFICIENTE Y ALTAMENTE CONTAMINANTE PARA LA COCCIÓN DOMÉSTICA DE ALIMENTOS*. Ministerio de Minas y Energía.
- Ministerio de Minas y Energías. (2021). *Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia*. <https://www.lwes.fraunhofer.de/En/Research-Projects/Current-Projects/H2mare-Offshore-Technologies.html>.
- Minminas. (2022). *Hoja de ruta de hidrógeno verde en colombia*.
- MinMinas, B. U. G. (2022). *Hoja de Ruta Hidrógeno Verde en Colombia*.
- Mondragón-Díaz, A., Robles-Marín, E., Murueta-Cruz, B. A., Aquite, J. C., Martínez-Alanis, P. R., Flores-Alamo, M., Aullón, G., Benítez, L. N., & Castillo, I. (2019). Conformational Effects of [Ni₂(μ-ArS)₂] Cores on Their Electrocatalytic Activity. *Chemistry – An Asian Journal*, 14(19), 3301–3312. <https://doi.org/10.1002/asia.201901037>
- Mora, K. (2024). Por Fenómeno de El Niño, nivel de embalses por debajo de 27% prende alarmas. *La Republica*.
- Morejón, M. B., Sagastume Gutiérrez, A., Pardo Garcia, A., Cabello Ulloa, M., Rey Martínez, F. J., Rueda Bayona, J. G., & Cabello, J. J. (2019). A look to the electricity generation from non-conventional renewable energy sources in colombia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Nasser, M., Megahed, T. F., Ookawara, S., & Hassan, H. (2022a). A review of water electrolysis–based systems for hydrogen production using hybrid/solar/wind energy systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(58), 86994–87018. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23323-y>
- Nasser, M., Megahed, T. F., Ookawara, S., & Hassan, H. (2022b). A review of water electrolysis–based systems for hydrogen production using hybrid/solar/wind energy systems. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 29, Number 58). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23323-y>
- Nazif, A., Karkhanechi, H., Saljoughi, E., & Mahmoud, S. (2022a). Journal of Water Process Engineering Recent progress in membrane development , affecting parameters , and applications of reverse electro dialysis : A review. *Journal of Water Process Engineering*, 47(February), 102706. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102706>
- Nazif, A., Karkhanechi, H., Saljoughi, E., & Mahmoud, S. (2022b). Journal of Water Process Engineering Recent progress in membrane development , affecting parameters , and applications of reverse electro dialysis : A review. *Journal of Water Process Engineering*, 47(February), 102706. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102706>
- Obaid, M., Barakat, N. A. M., Fadali, O. A., Motlak, M., Almajid, A. A., & Khalil, K. A. (2015). Effective and reusable oil/water separation membranes based on modified polysulfone electrospun nanofiber mats. *Chemical Engineering Journal*, 259, 449–456. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.07.095>
- Ocean Energy Technologies Patents Deployment Status and Outlook. (n.d.). Retrieved June 7, 2023, from <https://www.irena.org/Publications/2014/Aug/Ocean-Energy-Technologies-Patents-Deployment-Status-and-Outlook>
- OES. (2023). TIDAL CURRENT ENERGY DEVELOPMENTS HIGHLIGHTS. *Ocean Energy Systems*.
- of Energy, D. (2021). *Improving solar panel durability through novel panel designs and advanced manufacturing equipment*. [https://eere-pmc-hq.ee.doe.gov/GONEPA/ND_form_V2.aspx?key=23651\[5/27/2020](https://eere-pmc-hq.ee.doe.gov/GONEPA/ND_form_V2.aspx?key=23651[5/27/2020)
- OpenFOAM-Foundation. (2022). OpenFOAM v10 User Guide. In . <https://doc.cfd.direct/openfoam/user-guide-v10/index>.
- Osorio, A. F., Ortega, S., & Arango-Aramburo, S. (2016). Assessment of the marine power potential in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 966–977. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.09.057>
- Païdoussis, M. P. (1998). Fluid-Structure Interactions: Slender Structures and Axial Flow. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
- Palma-Goyes, R. E., Vazquez-Arenas, J., Ostos, C., Torres-Palma, R. A., & González, I. (2016). The Effects of ZrO₂ on the Electrocatalysis to Yield Active Chlorine Species on Sb₂O₅ -Doped Ti/RuO₂ Anodes. *Journal of The Electrochemical Society*, 163(9), H818–H825. <https://doi.org/10.1149/2.0891609jes>
- Parrado, D., & Rueda-Bayona, J. G. (2024). Three-Dimensional Hydrodynamic and CFD Modeling of a Tidal Barrage Power Plant without Sluicing in Buenaventura, Colombia. *Infrastructures*, 9(8), 127. <https://doi.org/10.3390/infrastructures9080127>
- Pinacci, P; Basile, A. (2013). Palladium-based composite membranes for hydrogen separation in membrane reactors. *Handbook of Membrane Reactors*, 1, 149–182.
- CVC. (2024). *PLAN DE ORDENACIÓN FORESTAL PARA LA UNIDAD DE ORDENACIÓN FORESTAL NAYA*. <https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2025-03/POF%20Naya-Docmento%20S%C3%ADntesis.pdf#page=20.72>
- Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. (n.d.). Retrieved June 5, 2023, from <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- Polo, J., Rodríguez, J., & Sarmiento, A. (2008). Tidal Current Potential for Energy Generation along the Colombian Coastline. *Revista de Ingeniería*.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Quaranta, E. (2020). The Revival of Old Hydraulic Turbines for Innovative Hydropower Generation: Water Wheels, Archimedes Screws, Deriaz and Girard Turbines. *Current Trends in Civil & Structural Engineering*, 5(5). <https://doi.org/10.33552/ctcse.2020.05.000625>
- Quintero, G., & Rueda-Bayona, J. G. (2021). Tidal Energy Potential in the Center Zone of the Colombian Pacific Coast. *INGECUC*, 17(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.07>
- Quintero González, J. R., Quintero González, L. E. (2015). Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente. *Gestión y Ambiente*, 18(2), 121–134.
- Rahimpour, M. R., Samimi, F., Babapoor, A., Tohidian, T., & Mohebi, S. (2017a). Palladium membranes applications in reaction systems for hydrogen separation and purification: A review. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 121, 24–49. <https://doi.org/10.1016/J.CEP.2017.07.021>
- Rahimpour, M. R., Samimi, F., Babapoor, A., Tohidian, T., & Mohebi, S. (2017b). Palladium membranes applications in reaction systems for hydrogen separation and purification: A review. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 121, 24–49. <https://doi.org/10.1016/J.CEP.2017.07.021>
- Rahman, A., & Venugopal, V. (2017). Parametric analysis of three dimensional flow models applied to tidal energy sites in Scotland. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.02.027>
- Ramakrishna, M. V. A., & Venugopal Rao, S. (2021). Fabrication of ECM and study of its parameters in NaCl electrolyte. *Materials Today: Proceedings*, 46.
- Ramirez, M. (2023). *Evaluación de factibilidad para la producción de hidrógeno a partir de energía eólica en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Renewable Energy Agency, I. (2020). *INNOVATION OUTLOOK OCEAN ENERGY TECHNOLOGIES A contribution to the Small Island Developing States Lighthouses Initiative 2.0 About IRENA*. www.irena.org/Publications
- Rodrigues, M. R., Dourado, M., & Orientador, R. ². (2021). *IMPACTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS QUE O COOPERATIVISMO LEVA PARA UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE*. <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/16818>
- Rodríguez-Urrego, D., & Rodríguez-Urrego, L. (2018). Photovoltaic energy in Colombia: Current status, inventory, policies and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 160–170. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.04.065>
- Rueda-bayona, J. G. (2017). Identificación de la influencia de las variaciones convectivas en la generación de cargas transitorias y su efecto hidromecánico en las estructuras offshore. *Universidad Del Norte*.
- Rueda-Bayona, J. G. (2017). *Identificación de la influencia de las variaciones convectivas en la generación de cargas transitorias y su efecto hidromecánico en las estructuras Offshore* [PhD Thesis]. Universidad del Norte.
- Rueda-Bayona, J. G., Cabello Eras, J. J., & Chaparro, T. R. (2022a). Impacts generated by the materials used in offshore wind technology on Human Health, Natural Environment and Resources. *Energy*, 261, 125223. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125223>
- Rueda-Bayona, J. G., Cabello Eras, J. J., & Chaparro, T. R. (2022b). Impacts generated by the materials used in offshore wind technology on Human Health, Natural Environment and Resources. *Energy*, 261, 125223. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2022.125223>
- Rueda-Bayona, J. G., Elles-Perez, C. J., Sanchez, E. H., González, A. L., & Rivillas-. (2016). Identificación de patrones de variabilidad climática a partir de Análisis de Componentes Principales, Fourier y Clúster k-medias. *Tecnura*, 20(50), 55–68. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a04>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- Rueda-Bayona, J. G., García Vélez, J. L., & Parrado-Vallejo, D. M. (2023). Effect of Sea Level Rise and Access Channel Deepening on Future Tidal Power Plants in Buenaventura Colombia. *Infrastructures*, 8(3), 51. <https://doi.org/10.3390/infrastructures8030051>
- Rueda-Bayona, J. G., Guzmán, A., Eras, J. J. C., Silva-Casarín, R., Bastidas-Arteaga, E., & Horrillo-Caraballo, J. (2019a). Renewables energies in Colombia and the opportunity for the offshore wind technology. *Journal of Cleaner Production*, 220, 529–543. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.174>
- Rueda-Bayona, J. G., Guzmán, A., Eras, J. J. C., Silva-Casarín, R., Bastidas-Arteaga, E., & Horrillo-Caraballo, J. (2019b). Renewables energies in Colombia and the opportunity for the offshore wind technology. *Journal of Cleaner Production*, 220, 529–543. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.02.174>
- Rueda-Bayona, J. G., Vélez, J. L. G., & Parrado-Vallejo, D. M. (2023). Effect of Sea Level Rise and Access Channel Deepening on Future Tidal Power Plants in Buenaventura Colombia. *Infrastructures 2023, Vol. 8, Page 51*, 8(3), 51. <https://doi.org/10.3390/INFRASTRUCTURES8030051>
- Saini, N., & Awasthi, K. (2022a). Insights into the progress of polymeric nano-composite membranes for hydrogen separation and purification in the direction of sustainable energy resources. *Separation and Purification Technology*, 282, 120029. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2021.120029>
- Saini, N., & Awasthi, K. (2022b). Insights into the progress of polymeric nano-composite membranes for hydrogen separation and purification in the direction of sustainable energy resources. *Separation and Purification Technology*, 282, 120029. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2021.120029>
- Sandén, B. (2014). Systems Perspectives on Renewable Power. In *Systems Perspectives on Renewable Power*.
- Sarker, A. K., Azad, A. K., Rasul, M. G., & Doppalapudi, A. T. (2023a). Prospect of Green Hydrogen Generation from Hybrid Renewable Energy Sources: A Review. *Energies*, 16(3), 1556. <https://doi.org/10.3390/en16031556>
- Sarker, A. K., Azad, A. K., Rasul, M. G., & Doppalapudi, A. T. (2023b). Prospect of Green Hydrogen Generation from Hybrid Renewable Energy Sources: A Review. In *Energies* (Vol. 16, Number 3). <https://doi.org/10.3390/en16031556>
- SER_Colombia. (2025). *Fuentes no convencionales de energías renovables FNCE en 2025*. <https://ser-colombia.org/wp-content/uploads/2025/02/informefeb2025.pdf>
- Social impacts and interactions between marine sectors (MMO 1060) - GOV.UK*. (n.d.). Retrieved June 8, 2023, from <https://www.gov.uk/government/publications/social-impacts-and-interactions-between-marine-sectors-mmo-1060>
- Standards : EMEC: European Marine Energy Centre*. (2024). <https://www.emec.org.uk/standards/>
- Taghizadeh, A., Taghizadeh, M., Jouyandeh, M., Khodadadi, M., Zarrintaj, P., Reza, M., Lima, E. C., & Kumar, V. (2020). *Conductive polymers in water treatment : A review*. 312.
- Tewari, U., Kolmsee, K., & Norta, D. (2015). Hydrokinetic Energy for Enlightening the Future of Rural Communities in Uttarakhand. *Ichpsd*.
- Thiébot, J., Guillou, N., Coles, D., & Guillou, S. (2022). On nodal modulations of tidal-stream energy resource in north-western Europe. *Applied Ocean Research*, 121, 103091. <https://doi.org/10.1016/J.APOR.2022.103091>
- Tidal Energy: Technology brief*. (n.d.). Retrieved June 7, 2023, from <https://www.irena.org/Publications/2014/Jun/Tidal-Energy>
- Torres, A., Escobar, A., & Valencia, J. (2021). Soluciones solares fotovoltaicas híbridas implementadas en zonas no interconectadas de Colombia. *Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas Para Las Zonas No Interconectadas – IPSE*.
- Tufa, R. A., Piallat, T., Hnát, J., Fontananova, E., Paidar, M., Chanda, D., Curcio, E., di Profio, G., & Bouzek, K. (2020). Salinity gradient power reverse electro dialysis: Cation exchange membrane design based on

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

- polypyrrole-chitosan composites for enhanced monovalent selectivity. *Chemical Engineering Journal*, 380, 122461. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2019.122461>
- Turton, R. K. (1995). Principles of Turbomachinery (Second Edition). *Chapman & Hall*.
- Uihlein, A., & Magagna, D. (2016). Wave and tidal current energy – A review of the current state of research beyond technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1070–1081. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.12.284>
- Uittenbogaard, R. E., van Kester, J. A. Th. M., & Stelling, G. S. (1992). *Implementation of three turbulence models in 3D-TRISULA for rectangular grids* (Tech Report Z81). Delft Hydraulics.
- Vanclay, F. (2002). Conceptualising social impacts. *Environmental Impact Assessment Review*, 22(3). [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(01\)00105-6](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(01)00105-6)
- Vides-Prado, A., Camargo, E. O., Vides-Prado, C., Orozco, I. H., Chenlo, F., Candelo, J. E., & Sarmiento, A. B. (2018). Techno-economic feasibility analysis of photovoltaic systems in remote areas for indigenous communities in the Colombian Guajira. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 82). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.101>
- Waldman, S., Bastón, S., Nermalidinne, R., Chatzirodou, A., Venugopal, V., & Side, J. (2017). Implementation of tidal turbines in MIKE 3 and Delft3D models of Pentland Firth & Orkney Waters. *Ocean & Coastal Management*, 147, 21–36. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.04.015>
- Wallis, R. A. (1965). *Axial Flow Fans: Design and Practice* - R. A. Wallis - Google Books. https://books.google.com.co/books/about/Axial_Flow_Fans.html?id=nUOoBQAAQBAJ&redir_esc=y
- Wen, Y., & Lin, P. (2022). Exploitation potential of tidal current energy in Southern China seas. *Energy Conversion and Management*, 267, 115901. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2022.115901>
- White, F. (2011). Fluid Mechanics seventh edition by Frank M. White. *Fluid Mechanics*.
- Winter, L., Lehmann, A., Finogenova, N., & Finkbeiner, M. (2017). Including biodiversity in life cycle assessment – State of the art, gaps and research needs. In *Environmental Impact Assessment Review* (Vol. 67). <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.08.006>
- Xu, J., Ni, T., & Zheng, B. (2015a). Hydropower development trends from a technological paradigm perspective. *Energy Conversion and Management*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.11.016>
- Xu, J., Ni, T., & Zheng, B. (2015b). Hydropower development trends from a technological paradigm perspective. *Energy Conversion and Management*, 90, 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.11.016>
- Yin, H., & Yip, A. C. K. (2017a). A review on the production and purification of biomass-derived hydrogen using emerging membrane technologies. *Catalysts*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/CATAL7100297>
- Yin, H., & Yip, A. C. K. (2017b). A review on the production and purification of biomass-derived hydrogen using emerging membrane technologies. *Catalysts*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/CATAL7100297>
- Yu, C., Zhu, X., Wang, C., Zhou, Y., Jia, X., Jiang, L., Liu, X., & Wallace, G. G. (2018). Nano Energy Full paper A smart cyto-compatible asymmetric polypyrrole membrane for salinity power generation. *Nano Energy*, 53(September), 475–482. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.08.073>
- Yuce, M. I., & Muratoglu, A. (2015a). Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 72–82. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.10.037>
- Yuce, M. I., & Muratoglu, A. (2015b). Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.037>
- Yukesh Kannah, R., Kavitha, S., Preethi, Parthiba Karthikeyan, O., Kumar, G., Dai-Viet, N. Vo., & Rajesh Banu, J. (2021). Techno-economic assessment of various hydrogen production methods – A review. *Bioresource Technology*, 319, 124175. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124175>

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional



Züttel, A., Remhof, A., Borgschulte, A., & Friedrichs, O. (2010). Hydrogen: the future energy carrier. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368(1923), 3329–3342. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0113>

27. ANEXOS REQUISITOS SECTORIALES QUE LE SEAN APLICABLES.

Sin anexos.

Av. Calle 26 # 57- 41 / 83 Torre 8 Piso 2 – PBX: (+57) (601) 6258480, Ext 2081 – Línea gratuita nacional

Código: M801PR01F01
Versión: 01
Vigente desde 2021-11-30
Página 208 de 221

